

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

## **Konstrukce zásobníků pro ukládání odebraných vzorků**

## **Construction Chambers for Saving Samples**

**Student:**

Bc. Barbora Valtová

**Vedoucí diplomové práce:**

Ing. Jan Burkovič, Ph.D.

Ostrava 2009

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 22. 5. 2009

.....  
Bc. Valtová Barbora

Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou prací včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было сдѣнано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- было сдѣнано, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 22. 5. 2009

.....  
Bc. Valtová Barbora

Adresa trvalého pobytu:

Kostelecká 1829

NÁCHOD 547 01

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

VALTOVÁ, B. *Konstrukce zásobníků pro ukládání odebraných vzorků*. Ostrava: katedra robototechniky, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 80 s. Diplomová práce, vedoucí Burkovič, J.

Diplomová práce se zabývá konstrukcí zásobníku pro ukládání odebraných vzorků. Práce je řešená pro všechny typy vzorků (pevné, kapalné a plynné). Na základě upřesnění zadání je navržen box – zásobník pro 6 odebraných vzorků. Nádoby na odebrané vzorky se skládají ze tří vrstev. Mohou se lišit v materiálu vnitřní vrstvy a uzavření nádoby s odebraným vzorkem. Pomocí morfologické matice a vícekritériálního hodnocení byla zvolena varianta trojúhelníkového průřezu nádob a jejich uzavření samostatným víkem. K této variantě je zhotovena výkresová dokumentace včetně modelu a dále výpočtová dokumentace.

K práci je přiložena použitá literatura a příloha s kontrolními výpočty včetně parametrů k pohonu zásobníku.

## ANNOTATION OF THESIS

VALTOVÁ, B. *Construction Chambers for Saving Sample*. Ostrava: Department of Robotice, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 80 p. Thesis, head: Burkovič, J.

This thesis is dealing with construction chambers for saving samples. It focuses on solution for all kinds of samples (solids, liquid and gaseous samples). According to given specific instructions the chamber is proposed for six samples. The containers for samples are composed of three layers and can differentiate in the material of inside layer and container closing. The alternate with triangular cross-section and closing with separate lid was selected by the help of the morphologic matrix and the more-criteria classification. The design documentation is included in the model and the calculation documentation is created for this alternate, too.

The adopted literature and the apendix with check calculations including parameters to drive chamber is enclosed.

Chtěla bych poděkovat mému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Burkovičovi, Ph.D. za podnětné rady a odborné vedení při zpracování diplomové práce. Rovněž chci poděkovat všem, kteří mi věnovali čas při konzultacích a ochotně se mnou spolupracovali.

## SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

ZNAČKA	VÝZNAM	JEDNOTKA
$E_n$	n-tý expert	[ - ]
$F$	síla	[ N ]
$F_E$	síla elektromagnetu	[ N ]
$F_p$	síla pružiny na víko	[ N ]
$F_p'$	síla pružiny	[ N ]
$F_{p-max}$	maximální síla pružiny	[ N ]
$F_{p-min}$	minimální síla pružiny	[ N ]
$F_r$	síla pro rovnováhu páky	[ N ]
$F_1$	minimální pracovní síla pružiny	[ N ]
$F_8$	maximální pracovní síla pružiny	[ N ]
$g$	gravitační zrychlení	[ $m/s^2$ ]
$I_{ij}$	index změny kritéria i-tého parametru a j-té varianty	[ - ]
$I^*_{ij}$	vážený index změny kritéria i-tého parametru a j-té varianty	[ - ]
$J_c$	celkový moment setrvačnosti	[ $kg \cdot m^2$ ]
$K_n$	n-té kritérium	[ kg ]
$M_c$	celkový kroutící moment	[ Nm ]
$M_d$	dynamický kroutící moment	[ Nm ]
$M_n$	kroutící moment z nevyvážených hmot	[ Nm ]
$m_{\xi}$	hmotnost čepů	[ kg ]
$m_m$	hmotnost pro stlačení pružiny	[ kg ]
$m_o$	hmotnost ojnice s čepem	[ kg ]
$m_v$	hmotnost víka	[ kg ]
$m_z$	hmotnost zarážky	[ kg ]
$n$	otáčky	[ ot/s ]
$P$	výkon	[ W ]
$q_i$	koefficient významnosti i-tého parametru	[ - ]
$r$	rameno	[ m ]
$t$	čas	[ s ]
$t_b$	čas doběhu (brzdění)	[ s ]

ZNAČKA	VÝZNAM	JEDNOTKA
$t_c$	celkový čas	[ s ]
$t_r$	čas rozběhu	[ s ]
$t_u$	čas ustálení (ustáleného chodu)	[ s ]
$\varepsilon$	úhlové zrychlení	[ rad/s <sup>2</sup> ]
$\varphi$	úhlová dráha	[ rad; ° ]
$\varphi_b$	úhlová dráha doběhu (brzdění)	[ rad; ° ]
$\varphi_r$	úhlová dráha rozběhu	[ rad; ° ]
$\varphi_u$	úhlová dráha ustálení	[ rad; ° ]
$\omega$	úhlová rychlost	[ rad/s ]

## ÚVOD

Téma závěrečné práce je: „Konstrukce zásobníků pro ukládání odebraných vzorků (pro všechny typy vzorků – řešit alternativně, včetně manipulace se zásobníky)“. Na základě upřesnění zadání po konzultacích s vedoucím diplomové práce byl stanoven požadavkový list, ve kterém byly upřesněny odebrané vzorky, které budou ve stavu pevném, kapalném nebo plynném. Kontejner - zásobník má obsahovat 5 - 6 úložných míst na odebrané vzorky, ale připadá také v úvahu alternativní řešení, kdy bude zásobník na pevné a kapalné vzorky a zvlášť zásobník na plynné vzorky a další podobná řešení. Tyto varianty budou posouzeny v dalších kapitolách a vybraná varianta bude podrobněji rozpracovaná, včetně výkresové dokumentace.

Zásobník bude upevněn na mobilní subsystém robotu. Lze ho také umístit např. na mobilní subsystém robotu, který je k dispozici na katedře robototechniky (obr. 20). Celý systém můžeme zařadit do oblasti servisní robotiky.

Servisní roboty lze rozdělit do dvou základních skupin, a to na servisní roboty pro venkovní prostředí a roboty pro vnitřní prostředí. V našem případě mohou být vzorky odebírány jak ve venkovním, tak i ve vnitřním prostředí. Výhodou použití servisního robotu pro odběr různých vzorků a manipulace s nimi je hlavně to, že prostředí, kam vyjíždí robot, může být pro člověka nebezpečné a ohrozit tak jeho zdraví, v některých případech i život. Proto se snažíme vyřešit tuto problematiku pomocí robotů. V případě odběru vzorků člověkem, která je v dnešní době běžnou formou, musí mít odběratel různé ochranné pomůcky. Nesmíme však opomenout, že i přes velké množství ochranných pomůcek může být člověk ohrožen.

„Mezinárodní federace robotiky (IFR) očekává, že v letech 2006 - 2009 vzroste počet průmyslových robotů ve světě o 6 %. IFR uvádí také počet servisních robotů za rok 2005 a předpoklad počtu servisních robotů pro rok 2009 (tab. 1). [1]



STAV	ROK	
	2005	2009
<b><i>Svět celkem</i></b>	<b><i>2 990 000</i></b>	<b><i>8 514 000</i></b>
<b><i>Pro potřeby průmyslu celkem</i></b>	<b><i>31 610</i></b>	<b><i>65 900</i></b>
<b>Z toho:</b>		
Mobilní plošiny	3 400	9 500
Dojící roboty	3 500	9 800
Čistící roboty	5 350	7 290
Inspekční roboty	275	1 600
Stavby a demolice	3 580	4 800
Intralogistika	1 130	2 800
Operační roboty	3 330	5 600
Hledání min - vykovávání dozor	1 380	3 000
Provoz vozidel bez řidiče	600	3 300
Bezpilotní řízení letadel	3 100	8 200
Roboty pro práci pod vodou	5 680	7 700
Různé služby v průmyslu	30	430
<b><i>Pro potřeby privátní sféry celkem</i></b>	<b><i>2 920 000</i></b>	<b><i>8 400 000</i></b>
<b>Z toho:</b>		
Roboty pro praní	140	5 140
Vysavače	1 824 000	5 500 000
Sekačky trávy	79 000	290 000
Pomoc handicapovaným osobám	360	1 000
Hračky + hobby	914 000	2 450 000
Vzdělávání	20 700	41 000
Tzv. humanoidní roboty (Pro účely výzkumu a vývoje i pro zábavu)	200	450

**Tab. 1** Počet servisních robotů ve světě dle [1]

# VYPRACOVÁNÍ

## 1. POŽADAVKOVÝ LIST

V požadavkovém listu (tab. 2) jsou základní parametry, které musí být bezpodmínečně dodrženy. Z důvodu stanoveného množství odebraných vzorků a celkové nosnosti zásobníku – kontejneru je k požadavkovému listu přiložena tabulka s některými hustotami látek (tab. 3). Jedná se o příklady látek, které mohou být odebrány jako vzorky. Příklad hustot uvádíme z důvodu přímé úměrnosti k hmotnosti a nepřímé úměrnosti k objemu. Pomocí této závislosti si můžeme ověřit, zda je dodržena požadovaná nosnost a tím zabráníme poškození zařízení vlivem nedodržení dovolené nosnosti.

NÁZEV POŽADAVKU	HODNOTA - POPIS
Počet odebraných vzorků v zásobníku.	5 - 6 (jeden vzorek = jedna nádoba)
Nosnost zásobníku (celková hmotnost všech odebraných vzorků).	3 [kg] (max. hmotnost jednoho vzorku $m = 0,5$ [kg])
Maximální plocha, kterou zabere zásobník na mobilním subsystému robotu.	500x500 [mm] (šířka x délka) (výška libovolná - přibližně 250 [mm])
Odolnost použitých materiálů jednotlivých částí zásobníku pro odebrané vzorky.	ano
Množství jednoho odebraného vzorku.	200 až 500 [ml]
Typy odebraných vzorků.	pevné, kapalné, plynné
Manipulace se zásobníky (výměna).	mechanizovaná
Výměna kontejneru se zásobníky.	ruční











**Tab. 2** Požadavkový list

Látka	Hustota [kg.m <sup>-3</sup> ]
<b>Kapalné látky</b>	
Acetofenon	1033
Aceton	789,9
Allylalkohol	854
Benzín	700 - 750
Benzen	877
Buthanol	809,8
Cyklohexan	778,6
Diethylether	714
Ethanol	789,3
Glycerol	1261
Chloroform	1483
Kyselina dusičná	1527
Kyselina mravenčí	1220
Kyselina octová	1049
Kyselina sírová	1840
Rtuť	13 579,04
<b>Plynné látky</b>	
Acetylen	1,147
Amoniak	0,75
Butan	2,559
Ethan	1,24
Helium	0,1762
Chlor	3,12
Krypton	3,69
Methan	0,707
Oxid dusnatý	1,323
Oxid uhelnatý	1,234
Oxid uhličitý	1,951
Xenon	5,78
<b>Pevné látky</b>	
Asfalt	1 300
Bakelit	1 300
Beton	2 300 - 2 400
Čedič	2 900
Dural	2 800
Led	916,8
Písek (hustota záleží na vlhkosti)	1500 - 1700
Rašelina	330-410
Vosk	950-980









Tab. 3 Hustota látek dle [2]

## 2. SYMBOLY NEBEZPEČNOSTI LÁTEK

Konstrukce zásobníků pro ukládání odebraných vzorků má vyhovovat „všem“ typům vzorků. Z toho vyplývá, že se může jednat i o látky nebezpečné. V této kapitole uvedeme příklady možných symbolů a značení, které je spojeno s nebezpečnými látkami (tab. 4). Za nebezpečné látky označujeme látky, které vykazují nebezpečí pro živý organismus nebo životní prostředí.



















SYMBOL	POPIS
	výbušná
	oxidující
	toxická
	vysoce toxická
	žíravá
	dráždivá
	zdraví škodlivá
	vysoce hořlavá
	extrémně hořlavá
	nebezpečná pro životní prostředí

*Tab. 4 Symboly nebezpečných látek*

SYMBOL	POPIS
	náchylné k výbuchu
	nehořlavý nejedovatý
	nebezpečí požáru (hořlavé tuhé látky)
	samozápalné látky
	nebezpečí vyvíjení hořlavého plynu při styku s vodou
	infekční odpad
	radioaktivní látka
	nebezpečí požáru (hořlavé tuhé látky)

Tab. 4 Symboly nebezpečných látek - pokračování

Tyto symboly nejsou jedinými možným značením, ale pro demonstraci možného značení postačí. Dále si ještě uvedeme příklad značení plynů (tab. 5):

SYMBOL (staré - nové značení)	POPIS
  kyslík	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Značení válcové části lahve:</u></li> <li>1. O<sub>2</sub> pro průmysl – šedá</li> <li>2. Acetylen – bílá, šedá</li> <li>3. Interní plyny<sup>*)</sup> – jasně zelená</li> <li>4. Dusík – šedá</li> <li>5. Helium – hnědá (v horní části i jasně zelená)</li> <li>6. Argon – hnědá, tmavě zelená</li> </ul> <p><sup>*)</sup> Takto označené lahve mohou obsahovat: stlačený vzduch; xenon, krypton nebo neon; některé interní směsi (např. N<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, Ar/CO<sub>2</sub>, atd.)</p>
  acetylen	
  inertní plyny <sup>*)</sup>	
  vodík	
  dusík	
  CO <sub>2</sub>	
  helium	
  argon	
  O <sub>2</sub> pro medicínu	

Tab. 5 Symboly nebezpečných látek - plyny

**Poznámka:**

Do 30. 6. 2008 měly být všechny používané láhve rozlišeny podle nového způsobu (ČSN EN 1089-03). Norma přímo nestanoví válcovité části lahve.

Čeští výrobci se shodli na 3 možnostech: původní nátěr ze staré normy (jen dočasně); šedý; shodný se zaoblenou částí (s výjimkou bílé, ta je vyhrazena pro medicínální plyny k inhalaci).

Písmeno N rozlišuje, zda se jedná o nově označenou láhev (nehrozí tak například záměna acetylenu za medicínální kyslík). [3]

Dalším možným označením je číselné označení *DIAMANT*, které je převzaté z USA. Ukázka takového značení je na obrázku č. 1. Tento způsob se však nedá použít pro přímou identifikaci nebezpečné látky. [4]



*Obr. 1 Tvar nálepky DIAMANT dle [4]*

**Legenda:**

NEBEZPEČÍ POŠKOZENÍ ZDRAVÍ	
4	<b>Mimořádně nebezpečná!</b> Zabránit jakémukoliv kontaktu s parami nebo kapalinou bez speciálních ochranných prostředků.
3	<b>Velmi nebezpečné!</b> Práce a pobyt v zamořeném území možný pouze v protichemickém ochranném obleku a s dýchacím přístrojem.
2	<b>Nebezpečné!</b> Práce a pobyt v zamořeném území pouze s dýchacím přístrojem a v ochranném oděvu.
1	<b>Málo nebezpečné!</b> Doporučeno použití dýchacího přístroje.
0	<b>Bez nebezpečí!</b>

<b>NEBEZPEČÍ POŽÁRU</b>	
<b>4</b>	<b>Extrémně lehce zápalný</b> při všech teplotách.
<b>3</b>	<b>Nebezpečí iniciace</b> při normální teplotě.
<b>2</b>	<b>Nebezpečí iniciace</b> při ohřátí.
<b>1</b>	<b>Nebezpečí iniciace</b> při silném ohřátí.
<b>0</b>	<b>Bez nebezpečí iniciace</b> za normálních okolností.
<b>NEBEZPEČÍ (SPONTÁNNÍ REAKCE) REAKTIVITY</b>	
<b>4</b>	<b>Velké nebezpečí výbuchu!</b> Vytvořit vnější a nebezpečnou zónu. Při požáru evakuovat nebezpečnou oblast.
<b>3</b>	<b>Nebezpečí výbuchu</b> při působení horka, nebo při velkém otřesu. Vytvořit vnější nebezpečnou zónu.
<b>2</b>	<b>Možnost prudké chemické reakce!</b> Vytvořit vnější a nebezpečnou zónu, hasební zásah provádět pouze z bezpečné vzdálenosti.
<b>1</b>	<b>Při silném zahřátí nestabilní!</b> Nutnost přijetí bezpečnostních opatření.
<b>0</b>	<b>Za normálních podmínek bez nebezpečí.</b>
<b>DALŠÍ NEBEZPEČÍ</b>	
	Prázdné pole – k hašení lze použít vodu.
<b>W</b>	Voda se k hašení nesmí použít, látka reaguje s vodou.
<b>OXY</b>	Látka působí jako silné oksidovadlo.

### 3. MOŽNÉ VZORKY PRO MANIPULACI

U každého vzorku bude záležet na odebraném množství a hustotě, aby nebyla překročena maximální nosnost zásobníku a následně nosnost robotu (a také efektoru), na kterém bude zásobník umístěn. Dále nesmíme opomenout dobu skladování jednotlivých odebraných vzorků, protože některé látky mohou s časem měnit své složení a znehodnotit tak pozdější výsledky zkoumání.

#### 3.1 PEVNÉ LÁTKY

Vzorky z pevné látky dále můžeme rozdělit na zpevněné a nezpevněné. V této podkapitole si uvedeme přehled nejběžnějších usazených hornin s údaji o prostředí jejich vzniku a minerálním složení (tab. 7). [5] Důležitým faktorem je velikost zrna. Příklady velikosti zrn jsou znázorněny v tabulce č. 6 *Sedimenty*. [6]

SEDIMENT	VELIKOST ZRNA
Hlína	menší než 2 mm
Písek	0,05 – 2 mm
Prach	0,004 – 0,05 mm
Jíl	menší než 0,004
Kámen	neomezená

Tab. 6 Sedimenty dle [6]

HORNINA	PROSTŘEDÍ VZNIKU	SLOŽENÍ
Jílovec/jílová břidlice	jezera, moře	jílové minerály
Prachovec (prachová břidlice)	moře, spraše	křemen, jílové minerály
Pískovec	mělká moře, jezera	křemen, jílové minerály
Křemenec (kvarcit)	mělká moře, jezera	křemen
Arkóza	jezera a moře	křemen, živec aj. minerály
Droba	moře	úlomky hornin, jílové minerály, živec
Vápenec	moře	kalcit
Dolomit	moře	dolomit, kalcit
Slínovec	moře	jílové minerály, kalcit
Opuka	moře	jílové minerály, kalcit, křemen
Buližník (silicit, lydit)	moře	křemen
Slepenec (konglomerát)	řeky, ledovce	křemen, horniny, karbonát
Travertin	teplé a studené prameny	kalcit

Tab. 7 Horniny dle [5]

Například u půdních látek (a nejen u nich) dochází ke kontaminaci. Ke kontaminaci dochází v důsledku vlivů nejrozumnějších skládek, v průmyslových oblastech, z důsledků špatně použitých filtrů, dlouhodobým působením radioaktivních látek apod.



### 3.2 KAPALNÉ LÁTKY

Kapaliny, neboli kapalné látky, je jedno ze skupenství látek, při kterém se částice mohou pohybovat v celém objemu. Mezi kapalné látky patří např. aceton, benzín, brom, kyselina dusičná, kyselina sírová, líh, rtuť, voda a mnohé další. Tyto látky různým způsobem působí na povrch nádob, ve kterých jsou přepravovány. Proto musí být zvolen takový materiál, aby odolával jejich vlivům.

### 3.3 PLYNNÉ LÁTKY

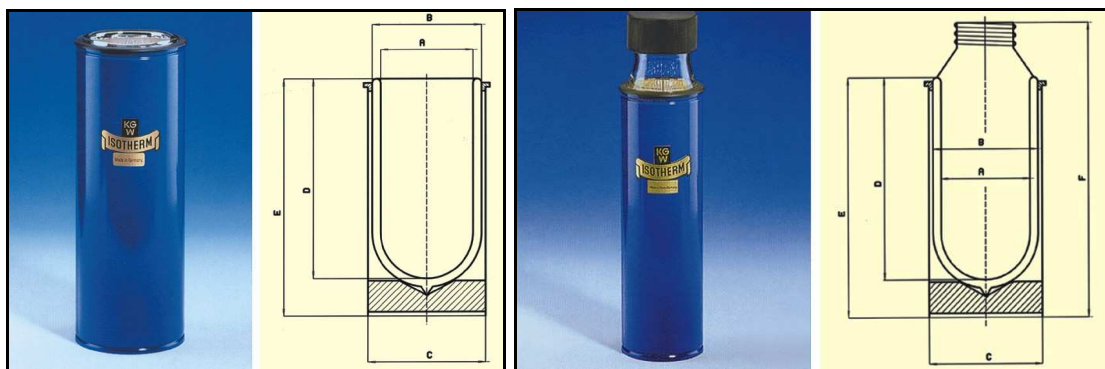
Plyny, neboli plynné látky, je jedno ze skupenství látek, při kterém se částice pohybují po celém objemu, ale oproti kapalné látce na sebe nepůsobí žádnou přitažlivou silou. Mezi tyto látky patří např. hélium, kyslík, chlór, methan, oxid uhelnatý, slzný plyn, vzduch apod. Plyny tvoří vždy homogenní směsi, což přináší při vzorkování plynů určitou výhodu, protože není potřeba homogenizovat vzorek. [7]

## 4. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V této kapitole uvedeme některé příklady možných způsobů zásobníků na odebrané vzorky a v neposlední řadě odběr vzorků.

### 4.1 UKLÁDÁNÍ VZORKŮ

První z ukázek zásobníků na odebrané vzorky je Dewarova nádoba ISOTHERM s vysokou izolační schopností (obr. 2a). Má široké využití v laboratořích při skladování a přepravě kapalného  $N_2$  nebo pevného  $CO_2$ . Lze ji použít k uskladnění a transportu zchlazených termolabilních látek (např. v obložení suchým ledem). Antimagnetický hliníkový materiál izolační nádoby umožňuje použití nádoby i přímo na magnetické míchače. Vnitřní nádoba je z teplotně odolného borosilikátového skla. Tyto nádoby jsou vyráběny až do objemu 4000 ml, ale pro demonstraci stačí tento výčet (tab. 8). [8]



a)

b)

**Obr. 2 a)** Dewarova nádoba ISOTHERM; **b)** s normovaným závitem dle [8]

Typ	Objem [ml]	Rozměr Ø [mm]	Rozměr D [mm]	Odpar N2 [dm <sup>3</sup> /den]
00C	100	40	90	0,3
1C	300	47	190	0,2
3C	500	57	210	0,35

**Tab. 8** Základní parametry - Dewarova nádoba ISOTHERM dle [8]

Dalším typem jsou Dewarovy nádoby s normovaným závitem GL 32 nebo GL 45 s hliníkovým nemagnetickým pláštěm (obr. 2b). Maximální povolený vnitřní tlak je 0,1 baru. Základní parametry jsou uvedeny v tabulce č. 9a. [8]

Typ	Objem [ml]	Rozměr Ø [mm]	Rozměr D [mm]	Odpar N2 [dm <sup>3</sup> /den]
GEW00 I C	100	40	90	0,3 / GL 32
GEW1 I C	300	47	190	0,2 / GL 32
GEW00 II C	100	40	90	0,2 / GL 45
GEW1 II C	300	47	190	0,3 / GL 45

**Tab. 9a** Základní parametry - Dewarova nádoba s normovaným závitem dle [8]

Třetím typem jsou Celonerezové Dewarovy nádoby (obr. 3). Vyznačují se vysokou mechanickou odolností a jednoduchou údržbou. Nádoby se vyrábí pro objemy 500, 1000, 2000, 3000, 6000 ml. Základní parametry jsou uvedeny v tabulce č. 9b. [8]



**Obr. 3** Celonerezová Dewarova nádoba dle [8]

Typ	Objem [ml]	Rozměr Ø [mm]	Rozměr D [mm]	Odpar N2 [dm <sup>3</sup> /den]
DSS 500	500	65	180	DSS 500

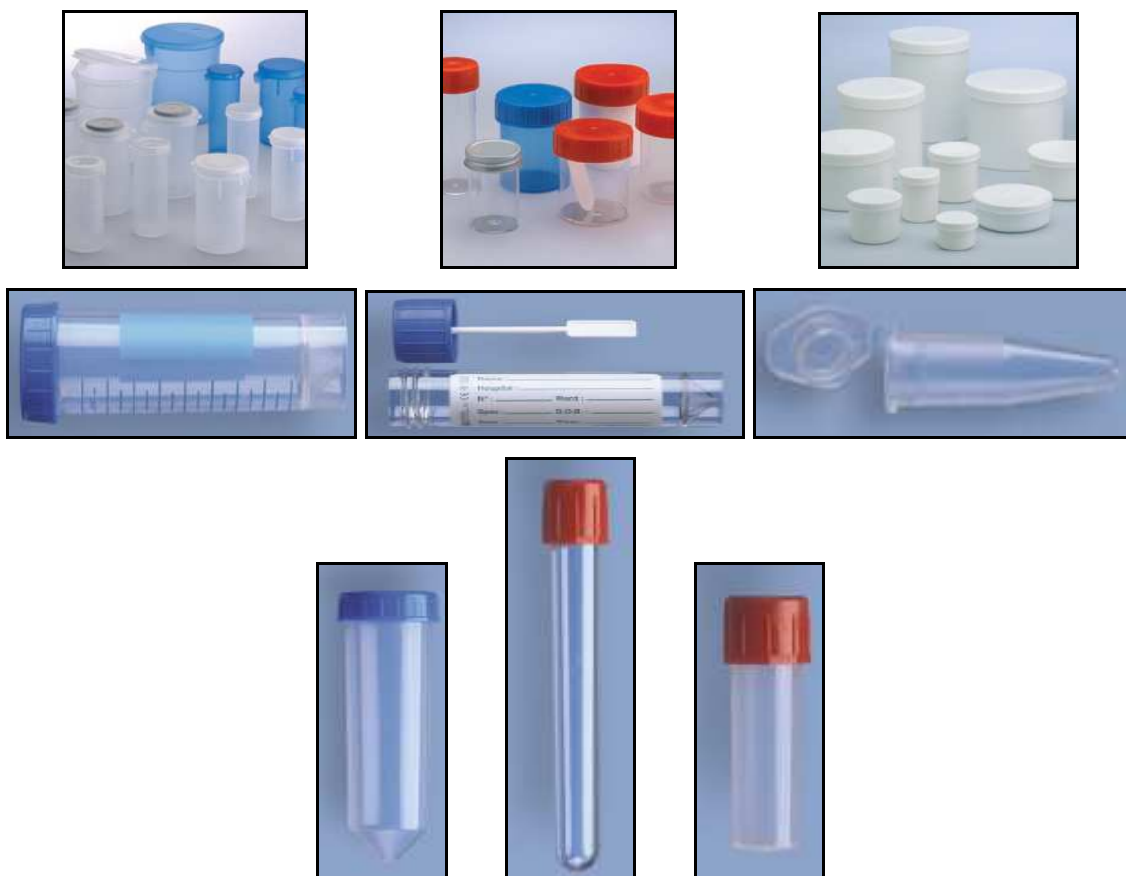
**Tab. 9b** Základní parametry Celonerezové Dewarovy nádoby dle [8]

Dále můžeme uvést termické izolační nádoby pro Datalogery (obr. 4). Slouží k uložení datalogerů do prostředí s extrémní teplotou. Vyrábí se pro teploty od 100°C do 400°C a dle provedení je možné v nich uchovat loggery od 0,45 do 51,3 hodin. Tyto nádoby nabízí firma dle poptávky. [8]



**Obr. 4** Termická izolační nádoba dle [8]

Dále jsou uvedeny ukázky plastových nádobek na vzorky od různých firem. Tyto nádoby jsou běžně dostupné a jsou vyráběny v různých velikostech.



**Obr. 5** Plastové nádoby a zkumavky dle [8]

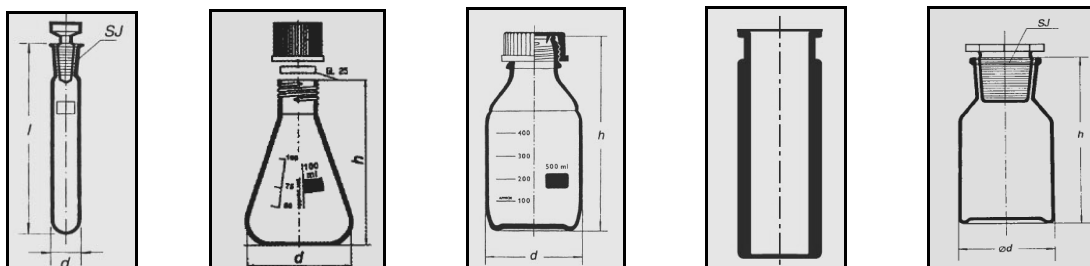


**Obr. 6** Plastové nádoby dle [9]



**Obr. 7** Plastové nádoby dle [10]

Dále uvedeme příklady zkumavek ze skla a z borosilikátového skla, které odolává také mnohým kyselinám.



**Obr. 8** Skleněné zkumavky dle [11]

Nyní uvedeme různé druhy boxů, ve kterých jsou umístěny nádoby s odebranými vzorky.



**Obr. 9** Boxy dle [10], [12], [13]



**Obr. 10** Stojany dle [14]

## 4.2 PŘÍKLAD ODBĚRU VZORKŮ

Jak bylo zmíněno v úvodu kapitoly, uvedeme zde možné způsoby odběru vzorků. Odběr zmíníme z důvodu následné konstrukce zásobníků, abychom udělali jakýsi přehled maximálních a minimálních možných rozměrů zařízení, které může odebírat potřebné vzorky.

### Pevné vzorky

Pevné vzorky se mohou odebírat různými způsoby. V této části ukážeme několik z nich. Jedním takovým jsou například vrtáky pro různé matrice. [15]

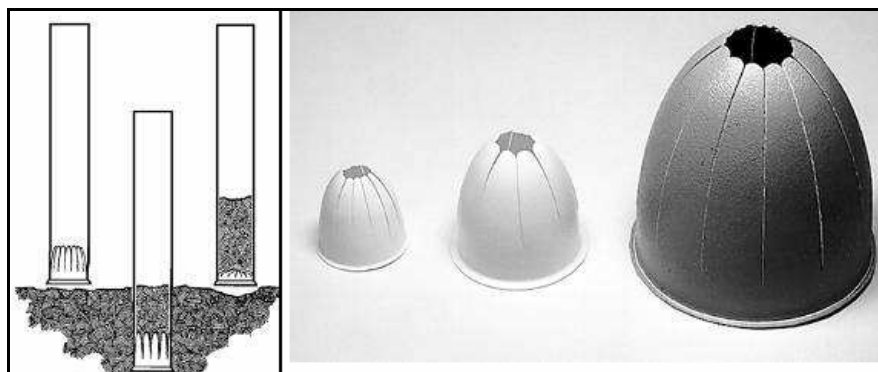


**Obr. 11** Ruční vrtáky pro různé typy matric dle [15]

Dále pak vzorkovač pro odběr jádrových vzorků, který je na obrázku č. 12, a dělený jádrový vzorkovač na obrázku č. 13. Jedná se v podstatě o součást z nerezavějící oceli, ve které si zemina uchová svoji strukturu. [15]



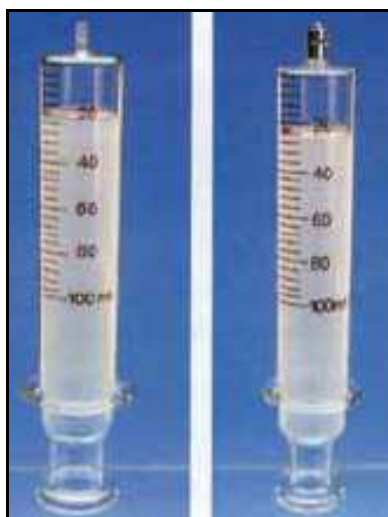
**Obr. 12** Vzorkovač pro odběr jádrových vzorků dle [15]



***Obr. 13** Dělený jádrový vzorkovač dle [15]*

### **Kapalné vzorky**

Je mnoho způsobů, jak v dnešní době odebrat a manipulovat s kapalnými vzorky. Od nejjednodušších až po složitá zařízení, v různém cenovém rozsahu. První způsob je pomocí stříkačky z borosilikátového skla (obr. 14), graduované, se středovým Luerkonusem buď skleněným, nebo nerezovým. Tyto stříkačky lze sterilizovat při 134 °C. [11]

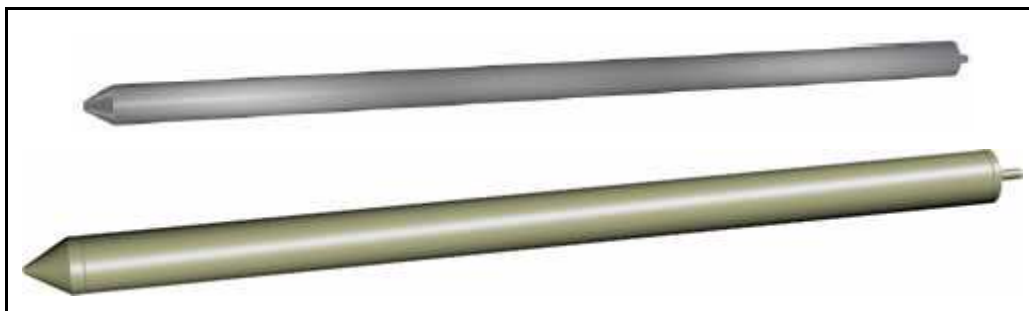


***Obr. 14** Stříkačka dle [11]*

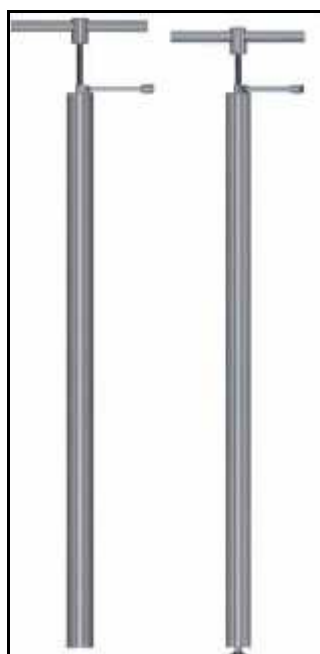
Pipety – otevřené vzorkovací trubice, které jsou zobrazeny na obrázku č. 15, a dále uzavřené vzorkovací trubice (obr. 16) pro různé objemy, včetně našeho požadovaného objemu do 500 ml, jsou dalším možným způsobem odběru a manipulace



s kapalnými vzorky. Dále pak vakuová nasávací pumpička, která je vhodná pro použití u častého odběru kapalin v místech, kde není možnost čištění vzorkovačů (obr. 17). [16]



**Obr. 15** Otevřené vzorkovací trubice dle [11]



**Obr. 16** Uzavřené vzorkovací trubice  
dle [11]

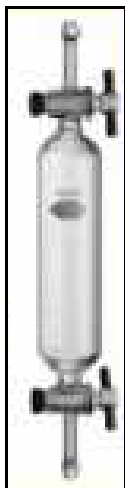


**Obr. 17** Vakuová nasávací pumpička  
dle [16]

### **Plynné vzorky**

Pro vzorkování plynů se používají např. vzorkovací pipety, sondy, plynové kyvety. Také existuje několik způsobů, jak odebrat plyný vzorek pomocí plynového čerpadla, evakuovanou vzorkovnicí otevřít v místě odběru (vzniklý podtlak nasaje vzorek), uzavírací kapalina. [7]





**Obr. 18** Vzorkovnice sloužící k odběru plyných vzorků dle [7]

Jako další příklad uvedeme čerpadlo pro odběr plyných vzorků Leland Legacy (obr. 19a). Zdrojem je výměnný lithium-iontový akumulátor (7.2 V × 10 Ah). Pokud průtok klesne o více než 5 %, čerpadlo automaticky zastaví činnost a uchová data. [17]



**Obr. 19a** Leland Legacy dle [17]



*b) Gillian BDX II*

*c) GilAir - 3*

**Obr. 19 b,c** Čerpadla pro odběry ovzduší a kalibrační zařízení dle [18]

## 5. NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VOLBA OPTIMÁLNÍ VARIANTY

K návrhu jednotlivých variant řešení využijeme s výhodou morfologickou matici. Pomocí tohoto způsobu můžeme dostat velké množství možných variant řešení problému, ovšem pouze jedno řešení je optimální. Abychom snáze a přesněji zvolili optimální variantu, využijeme tzv. hodnotovou analýzu. Pro tento případ je zvolena metoda porovnávání v trojúhelníku párů.

### 5.1 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ POMOCÍ MORFOLOGICKÉ MATICE

Morfologická matice (obr. 22) se bude skládat z několika částí, a to např. z tvaru jednotlivých zásobníků, způsobu a typu uzavření zásobníků apod. Pomocí matice zvolíme několik variant a ty zhodnotíme výše zmíněnou metodou.

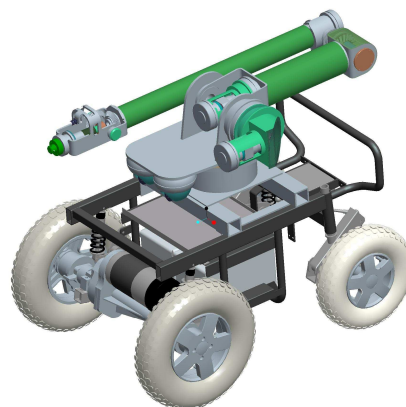
Každá z možných variant může být umístěna na podvozek, např. následujícími způsoby (tab. 10):

MOŽNÉ UPEVNĚNÍ NA PODVOZEK		
na samostatný podvozek, který není součástí robotu	na otočné rameno, které je připevněno k robotu	na rám podvozku – popř. na zakrytování podvozku robotu
<b>varianta 1</b>	<b>varianta 2</b>	<b>varianta 3</b>

*Tab. 10 Upevnění na podvozek*

První varianta je nevhodná z důvodů zmenšení pracovního prostoru a cenově nákladného zařízení, které by sloužilo jako podvozek pro box s odebranými vzorky. Přitom podvozek boxu může mít vlastní pohon, ale také ho lze konstrukčně řešit bez pohonu formou návěsu.

Druhá varianta by byla vhodná např. při umístění boxu se vzorky na mobilní systém na katedře robotiky (podvozek z invalidního vozíku), např. s návrhem vizuálního systému pomocí kamer umístěných nad podvozkem (obr. 20). Box, který by byl umístěn na rámu – krytu podvozku, by překážel ve výhledu a bylo by nutné změnit umístění kamer nebo přidat další kamerový systém, aby byl dostatečný výhled pro servisního robota. Pro tento konkrétní případ by bylo vhodné volit tuto variantu, byť také zmenšuje pracovní prostor jako první varianta. Rameno by bylo otočné a tím by měl robot možnost nastavit box se zásobníky na vzorky do požadované polohy pro uložení vzorku a pro dostatečný výhled. Pro otočné rameno by byl nutný další pohon. Jelikož v zadání není specifikovaný konkrétní podvozek, na který bude zásobník umístěn, musíme řešit úlohu obecně. Proto je i tato varianta nevhodná.



**Obr. 20** Podvozek

Z důvodů nespecifikovaného umístění boxu se zásobníky, a také nespecifikovaného servisního robota, je zvolena třetí varianta umístění. Nezmenšuje pracovní prostor, jak tomu je u předchozích dvou variant, a také nepotřebuje další pohon pro otočné rameno (viz. varianta č. 2)

Je jisté, že pro daný problém je velké množství řešení. V následujícím textu jsou popsány jednotlivé možnosti řešení v morfologické matici a odůvodněná jejich (ne)vhodnost a následně pak příklady možných variant. Ze zvolených variant pomocí morfologické matice budou vybrány varianty pro hodnotovou analýzu.

### **ZPŮSOB UMÍSTĚNÍ VZORKŮ**

- Všechny druhy vzorků umístěny v jednom boxu

Tato varianta je nejvhodnější z toho důvodu, že nebude muset být navrhován další pohon pro jiné typy boxu (např. lineární, ...), výroba bude jednodušší a nebude se tak navyšovat cenová náročnost.

- Dva různé boxy

Tato (ale i první) varianta by byla vhodná, kdyby nebylo předem známo, jaké vzorky budou odebrány. Tím však není myšleno, zda se jedná např. o rtuť, určitý druh kyseliny, kontaminovanou hlínu apod., ale zda odebrané vzorky budou ve stavu plynném, kapalném či pevném. Ve chvíli, kdy je známo, jaký druh vzorku bude přepravován, může obsluha připravit takový druh zásobníku do boxu, který bude odpovídat požadovaným vzorkům, a proto je zbytečné konstruovat dva (popř. více) různé boxy.

**Poznámka:**

Je ovšem možné konstrukčně vyřešit stejný zásobník pro plynné, kapalně a pevné vzorky (s různými víčky), nebo jen pro plynné a kapalně, kdy bude plně uzavřen a utěsněn objem zásobníku, aby nedošlo k úniku odebraného vzorku. V takovém případě by obsluha vyměňovala pouze jednotlivé zásobníky a ne celé boxy. Lze ale také připustit variantu, že box bude i v tomto případě odebírán obsluhou a vyměněn za nový s novými zásobníky.

***ZPŮSOB POHYBU BOXU SE ZÁSOBNÍKY VZORKŮ***

- Rotační

Tento způsob je jednoduchý a nezabírá prostor oproti translačnímu pohybu. V případě rotačního pohybu bude box se zásobníky kruhového průřezu a dále pak budeme muset volit způsob uzavření boxu (popř. jednotlivých zásobníků) a také počet zásobníků (tím je myšleno, zda bude jedna poloha volná pro možný chod ramene do jednoho místa při uzavření zásobníku centrálním víkem, nebo mohou být místa v boxu plně obsazena, a to v případě samostatně uzavřených zásobníků).

- Translační

Tato možnost je nevyhovující požadavkům zadaným požadavkovým listem – minimalizace rozměrů. Konkrétně se jedná o maximální plochu, kterou zabere zásobník na mobilním subsystému robotu při svém chodu. Tato možnost by připadala v úvahu,

kdyby se jednalo o nepohyblivý zásobník a řízení, včetně konstrukčního řešení ramene robotu by umožňovalo přístup efektoru do jednotlivých míst boxu a následné plnění zásobníků. Znamená to tedy, že by rameno neopakovalo svůj pohyb pokaždé do stejné polohy, ale každý pohyb by znamenal jinou koncovou polohu ramene.

- Jeden rotační a druhý translační

(Rotační – pevné a kapalně vzorky, translační – kapalně a plynné vzorky např. ve vacích) Z důvodů minimalizace rozměrů je nevhodné toto řešení a také z důvodů, že obsluha bude dopředu vědět, pro jaké druhy vzorků robot vyjíždí. Proto může zvolit určitý druh zásobníků a není nutné mít dva zásobníky. Kdyby chtěl robot odebrat více vzorků, nemusel by opakovat svůj výjezd, ale zásobník je i tak omezen možným počtem odebraných vzorků a při větším množství taktéž musí robot opakovat svůj výjezd.

- Nepohyblivý

Tento způsob by byl nejjednodušší z hlediska konstrukce celého boxu, ale vyžadovalo by to složitější řízení ramene, a také by to muselo umožňovat konstrukční řešení (ramene). Z důvodu nespecifikovaného servisního robotu, na který bude zásobník umístěn, je tato varianta nevhodná. Ne každá konstrukce a každý řídicí systém umožní dostat se s ramenem do požadovaného místa s odebranými vzorky. Výhodou je cenová a již zmíněná konstrukční nenáročnost oproti jiným variantám v případě vhodného řídicího systému robotu.

## **ZPŮSOB UZAVŘENÍ ZÁSObNÍKŮ SE VZORKY**

- Otevřené

Tato varianta je nevhodná z důvodů další kontaminace odebraných vzorků vlivem prostředí, takže by vzorky ztrácely svůj význam. Další nevýhodou by byla možná ztráta vzorku vlivem nerovnoměrného terénu či vlivem skupenství vzorku. Zároveň by odebrané vzorky znečišťovaly prostředí vlivem své případné kontaminace.

- Uzavřené jedním společným víkem

Tento způsob je vhodný pouze pro přepravu pevných vzorků (bylo by však nutné jedno volné místo v boxu, aby mohlo dojít k naplnění zásobníku). V případě kapalných nebo plyných vzorků je tato varianta nevhodná. Lze to řešit v podobě centrálního víka, např. s propichovacími otvory, ale následná manipulace se vzorky v laboratoři by byla obtížná. Jednak z důvodu úniku odebraného vzorku (plynný vzorek okamžitě, kapalný např. při najetí robotem na nějakou překážku) nebo kontaminace jiných vzorků tím, že bude víko znečištěno od předchozího vzorku (např. opět při najetí robotem na překážku by kapalina mohla potřísnit víčko) a následným pootočením boxu (nebo víka) do požadované polohy pro naplnění zásobníku by došlo ke kontaminaci.

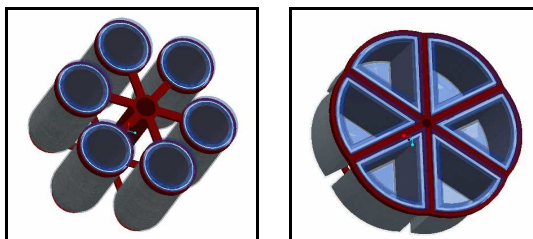
- Každý zásobník uzavřený samostatným víkem

Tato možnost je vhodná pro všechny tři typy skupenství vzorků, které mohou být odebrány. Hlavně pak pro kapalně a plyné vzorky. Nedochozí k úniku vzorků ani ke kontaminaci ostatních vzorků vlivem znečištění víka od jiného vzorku. Také odpadá jedno volné místo v boxu, jak bylo zmíněno v předchozí variantě (box je plně zaplněn zásobníky). Další a podstatná výhoda je v případě poruchy jednoho z vík, kdy chod ostatních zásobníků není touto závadou nijak omezen a lze dále odebírat vzorky.

### ***TVAR ZÁSObNÍKŮ***

- Kruhový průřez

Kruhový průřez patří mezi nejpoužívanější varianty zásobníků. Je tedy snadno dostupný na trhu (různé baňky z nejrůznějších materiálů). Tato varianta ovšem oproti trojúhelníkovému průřezu hůře využívá místo v boxu s rotačním pohybem (zůstává volné a nevyužité místo mezi jednotlivými zásobníky).









a)

b)

**Obr. 21** Box **a)** s kruhovým průřezem **b)** s trojúhelníkovým průřezem zásobníku

- Trojúhelníkový průřez

Při použití trojúhelníkového průřezu zásobníku by znamenalo lepší využití místa v boxu s rotačním pohybem, ovšem tento tvar není běžný a musel by být vyroben na zakázku. Z důvodu minimalizace rozměrů a zadaných parametrů v požadavkovém listu se jeví tato varianta jako vhodnou variantou.

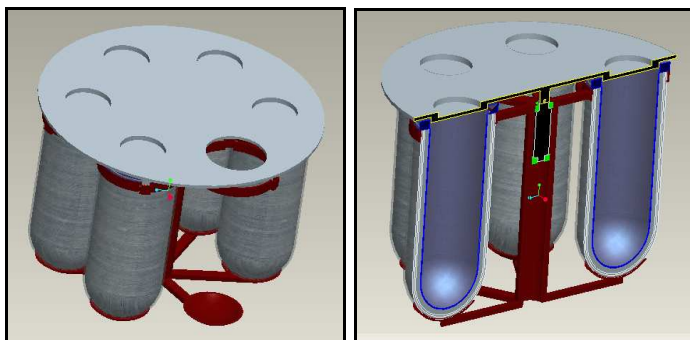
MORFOLOGICKÁ MATICE				
<b>ZPŮSOB UMÍSTĚNÍ VZORKŮ</b>	všechny druhy vzorků umístěny v jednom boxu	dva různé boxy (1. na kapalné a pevné látky, 2. na plynné)	dva různé boxy (1. na kapalné a pevné látky, 2. na kapalné a plynné)	dva různé boxy (1. na pevné látky, 2. na kapalné a plynné)
				
<b>ZPŮSOB POHYBU BOXU SE ZÁSOBNÍKY VZORKŮ</b>	rotační	translační	jeden rotační a druhý translační	nepohyblivý
				
<b>ZPŮSOB UZAVŘENÍ ZÁSOBNÍKŮ</b>	otevřené	uzavřené jedním společným víkem	každý zásobník uzavřený samostatným víkem	<b>POZNÁMKA:</b> • Objekt se skládá z $n$ součástí a může mít $m$ variant provedení, z čehož vyplývá $m^n$ možných řešení. • Jednotlivé varianty budou označeny v morfologické matici kroužkem, vyplněným barvou. Jedna barva znamená jedna varianta řešení.
				
<b>TVAR ZÁSOBNÍKŮ</b>	kruhový průřez	trojúhelníkový průřez	kombinace	
				

Obr. 22 Morfologická matice

**PŘÍKLADY MOŽNÝCH VARIANT**

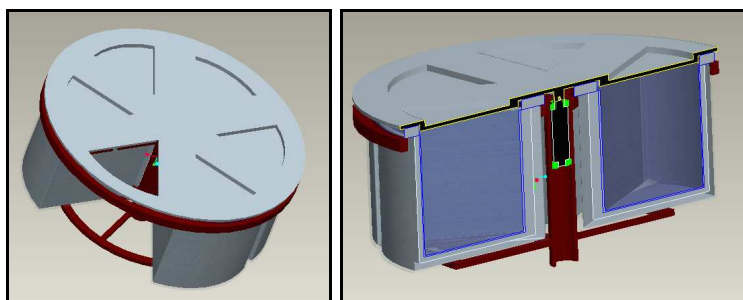
Tyto varianty byly navrženy podle výše uvedené morfologické matice a popisu jednotlivých bodů, ze kterých se matice skládá. Z těchto variant bude zvolena pomocí vícekritériálního hodnocení jedna, výsledná a optimální, varianta.

- Varianta A 1 ● - pro pevné vzorky
  - **Způsob umístění vzorků:** všechny druhy vzorků umístěny v jednom boxu.
  - **Způsob pohybu boxu se zásobníky vzorků:** rotační.
  - **Způsob uzavření zásobníků:** uzavřené jedním společným víkem.
  - **Tvar zásobníků:** kruhový průřez.



*Obr. 23 Varianta A1*

- Varianta B 1 ● - pro pevné vzorky
  - **Způsob umístění vzorků:** všechny druhy vzorků umístěny v jednom boxu.
  - **Způsob pohybu boxu se zásobníky vzorků:** rotační.
  - **Způsob uzavření zásobníků:** uzavřené jedním společným víkem.
  - **Tvar zásobníků:** trojúhelníkový průřez.




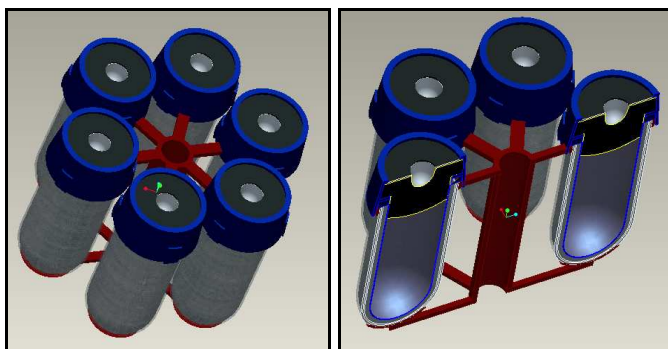
*Obr. 24 Varianta B1*




**Poznámka:**

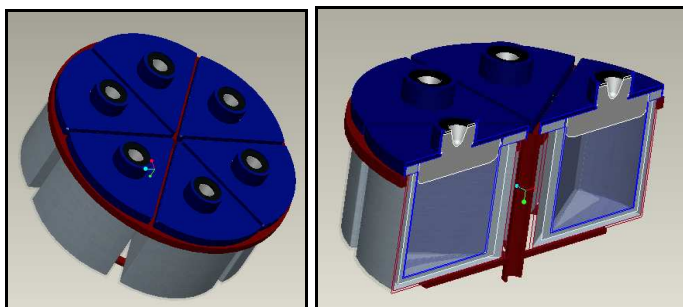
Centrální víko je nadzvedáváno pomocí elektromagnetu. Platí i pro předchozí variantu

- Varianta A 2  - pro kapalné a plynné vzorky
  - **Způsob umístění vzorků:** všechny druhy vzorků umístěny v jednom boxu.
  - **Způsob pohybu boxu se zásobníky vzorků:** rotační.
  - **Způsob uzavření zásobníků:** každý zásobník uzavřený samostatným víkem.
  - **Tvar zásobníků:** kruhový průřez.




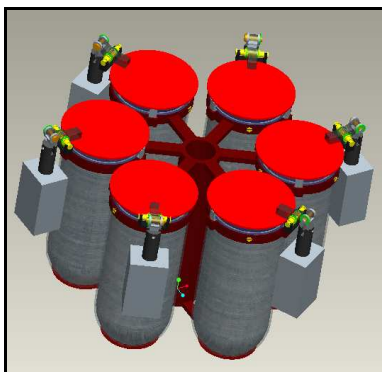
*Obr. 25 Varianta A2*

- Varianta B 2  - pro kapalné a plynné vzorky
  - **Způsob umístění vzorků:** všechny druhy vzorků umístěny v jednom boxu.
  - **Způsob pohybu boxu se zásobníky vzorků:** rotační.
  - **Způsob uzavření zásobníků:** každý zásobník uzavřený samostatným víkem
  - **Tvar zásobníků:** trojúhelníkový průřez.




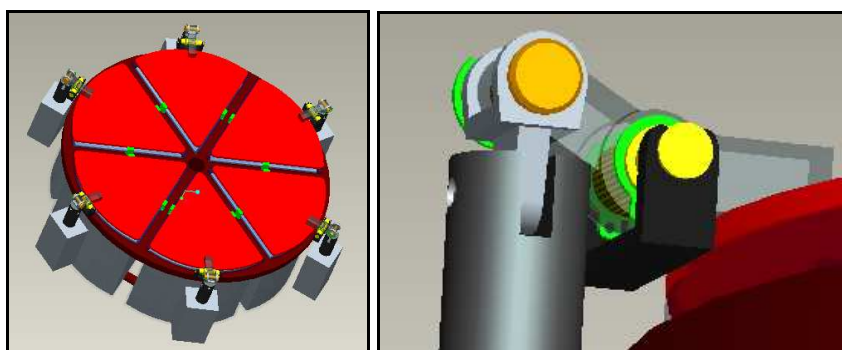
*Obr. 26 Varianta B2*

- Varianta C  - všechny druhy vzorků – obměna pouze víčka
  - **Způsob umístění vzorků:** všechny druhy vzorků umístěny v jednom boxu.
  - **Způsob pohybu boxu se zásobníky vzorků:** rotační.
  - **Způsob uzavření zásobníků:** každý zásobník uzavřený samostatným víkem.
  - **Tvar zásobníků:** kruhový průřez.



*Obr. 27 Varianta C*

- Varianta D  - všechny druhy vzorků – obměna pouze víčka
  - **Způsob umístění vzorků:** všechny druhy vzorků umístěny v jednom boxu.
  - **Způsob pohybu boxu se zásobníky vzorků:** rotační.
  - **Způsob uzavření zásobníků:** každý zásobník uzavřený samostatným víkem
  - **Tvar zásobníků:** trojúhelníkový průřez.



*Obr. 28 Varianta D*

**Poznámka:**

Nádobky na odebrané vzorky jsou složeny z několika vrstev různých materiálů, aby odolávaly vlivům odebraných vzorků (př. radioaktivita).

## **VARIANTY ŘEŠENÍ**

### **1. *VARIANTA* = varianta A1, 2 a 2. *VARIANTA* = varianta B1, 2**

Tyto varianty musí být kombinovány. Jedná se o to, že plynné a kapalné vzorky nemohou být uzavřeny společným víkem, z důvodů úniku odebraného vzorku.

V případě konstrukce řešené formou centrálního víka pro kapalné a plynné vzorky, např. formou propichovacích otvorů v centrálním víku, je zamezena manipulace s jednotlivým nádobami z důvodu úniku odebraného vzorku.

### **3. *VARIANTA* = varianta C + A2**

U této varianty bude muset docházet k obměně víček, aby byly odebrané vzorky dokonale utěsněny a nedocházelo k úniku těchto vzorků. Na rozdíl od předchozích variant jsou jednotlivé vzorky uzavřeny vlastním víčkem, a proto nedochází ke kontaminaci ostatními vzorky. Další výhodou je také to, že při selhání systému otevírání víčka jsou další zásobníky plně funkční (u varianty s centrálním víkem jsou ostatní nádoby v případě selhání nepoužitelné a musí být celý zásobník dopraven do řídicího střediska). V neposlední řadě je oproti předchozím variantám (A1, B1) výhoda možnosti samostatné manipulace s jednotlivými zásobníky.

### **4. *VARIANTA* = varianta D + B2**

U této varianty bude muset docházet k obměně víček, aby byly odebrané vzorky dokonale utěsněny a nedocházelo k úniku těchto vzorků. Na rozdíl od předchozích variant jsou jednotlivé vzorky uzavřeny vlastním víčkem, a proto nedochází ke kontaminaci ostatními vzorky. Opět další výhodou je také to, že při selhání systému otevírání víčka jsou další plně funkční (u varianty s centrálním víkem jsou ostatní nádoby v případě selhání nepoužitelné a musí být celý zásobník dopraven do řídicího střediska). Dále pak v neposlední řadě, oproti předchozím variantám A1 a B1, je výhoda možnosti samostatné manipulace s jednotlivými zásobníky. Mezi trojúhelníkovým průřezem a kruhovým průřezem je rozdíl v konečném objemu, a tím i v rozměrech celého zásobníku.

Jednou z výhod trojúhelníkového průřezu je, že při manipulaci je zabráněno kutálení nádoby, oproti kruhovému průřezu, a tím usnadněná manipulace.

## 5.2 HODNOTOVÁ ANALÝZA – METODA POROVNÁVÁNÍ V TROJÚHELNÍKU PÁRŮ

Variantu 1, 2, 3 a 4 v této podkapitole podrobíme hodnotové analýze. Pro tuto analýzu zvolíme metodu porovnávání v trojúhelníku párů. V první řadě si zvolíme kritéria, která budeme hodnotit, a následně je rozebereme u každé z vybraných variant. Tyto varianty budou dále porovnány a pomocí kritéria významnosti vypočteme optimální variantu.

### Hodnoty a významnost kritérií:

ÚROVEŇ	HODNOTA
vysoká	1
dobrá	2
průměrná	3
nízká	4
nevyhovující	5
nepříznivý stav	6

*Tab. 11 Hodnoty kritérií*

VÝZNAMNOST	HODNOTA
nejvyšší	2
nejnižší	1

*Tab. 12 Významnost kritérií*

### Volba a hodnocení kritérií:

OZNAČENÍ KITÉRIA	KRITÉRIUM	CHARAKTERISTIKA KITÉRIA
K1	konstrukce	složitost konstrukce, výrobní náročnost
K2	způsob uzavření zásobníků	způsob uzavření zásobníků
K3	tvar zásobníků	kruhový průřez nebo trojúhelníkový průřez
K4	rozměry	vnější rozměry
K5	hmotnost	celková hmotnost
K6	počet odebraných vzorků	nutné „volné“ místo nebo ne

*Tab. 13 Volba kritérií*

**Zhodnocení kritérií pro jednotlivé varianty a hodnocení kritérií:**

KRIT.	VARIANTA 1	VARIANTA 2	VARIANTA 3	VARIANTA 4
K1	jednoduchá	jednoduchá; náročná dostupnost	složitá	složitá; náročná dostupnost
	1	2	2	2
K2	uzavřené jedním společný m víkem; vhodné jen pro pevné vzorky, nebo nutná výměna víka	uzavřené jedním společný m víkem; vhodné jen pro pevné vzorky, nebo nutná výměna víka	každý zásobník uzavřený samostatným víkem; vhodné pro všechny vzorky	každý zásobník uzavřený samostatným víkem; vhodné pro všechny vzorky
	4	1	4	1
K3	kruhový průřez; menší objem při stejných vnějších rozměrech boxu oproti trojúhelníkovému	trojúhelníkový průřez; větší objem při stejných vnějších rozměrech boxu oproti kruhovému	kruhový průřez; menší objem při stejných vnějších rozměrech boxu oproti trojúhelníkovému	trojúhelníkový průřez; větší objem při stejných vnějších rozměrech boxu oproti kruhovému
	3	2	3	2
K4	větší	menší	větší	menší
	3	2	3	2
K5	požadovaná	můžeme dosáhnout menší	požadovaná	můžeme dosáhnout menší
	2	1	2	1
K6	potřeba jednoho volného místa	potřeba jednoho volného místa	není potřeba žádného volného místa	není potřeba žádného volného místa
	2	2	1	1

**Tab. 14** Zhodnocení kritérií u jednotlivých variant

## 1. EXPERT

POROVNÁVANÉ PÁRY KRITÉRIÍ					POČET VOLEB	POŘADÍ
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	K1 K6	4	1.-2.
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	K2 K6	3,5	3.
		K3 K4	K3 K5	K3 K6	2,5	4.
			K4 K5	K4 K6	4	1.-2.
				K5 K6	1	5.
					0	6.
VYPRACOVALA: Bc. Barbora Valtová						

## 2. EXPERT

POROVNÁVANÉ PÁRY KRITÉRIÍ					POČET VOLEB	POŘADÍ
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	K1 K6	2	4.
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	K2 K6	1,5	5.
		K3 K4	K3 K5	K3 K6	0	6.
			K4 K5	K4 K6	3,5	2.
				K5 K6	5	1.
					3	3.
VYPRACOVAL: Bc. Ehl Pavel						

## 3. EXPERT

POROVNÁVANÉ PÁRY KRITÉRIÍ					POČET VOLEB	POŘADÍ
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	K1 K6	4	1.-2.-5.
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	K2 K6	2	3.-4.-5.
		K3 K4	K3 K5	K3 K6	4	1.-2.
			K4 K5	K4 K6	2	3.-4.
				K5 K6	1	6.
					2	3.-4.-5.
VYPRACOVALA: Bc. Otrusínová Lenka						

**4. EXPERT**

POROVNÁVANÉ PÁRY KRITÉRIÍ					POČET VOLEB	POŘADÍ
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	K1 K6	3	2.-3.-4.
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	K2 K6	3	2.-3.-4.
		K3 K4	K3 K5	K3 K6	2	5.
			K4 K5	K4 K6	4	1.
				K5	0	6.
				K6	3	2.-3.-4.
VYPRACOVAL: Bc. Daniel Bílý						

**KOEFICIENT VÝZNAMNOSTI**

KRITÉRIUM	KOEFICIENT VÝZNAMNOSTI $q_i$
K1	3,250
K2	2,500
K3	2,125
K4	3,375
K5	1,750
K6	2

**Tab. 15** Koefficient významnosti**Příklad výpočtu:**

Koefficient významnosti  $q_i$  např. u kritéria K1, ostatní kritéria se počítají obdobným způsobem.

$$\frac{E1_1 + E2_1 + E3_1 + E4_1}{\text{počet expertů}} = q_1 \quad (1)$$

$$\frac{4 + 2 + 4 + 3}{4} = q_1$$

$$\underline{\underline{3,250 = q_1}}$$

$E1_1$ .....počet voleb 1. experta u K1;  $E2_1$ .....počet voleb 2. experta u K1

E3<sub>1</sub>.....počet voleb 3. experta u K1; E4<sub>1</sub>.....počet voleb 4. experta u K1

### Výpočet váženého indexu:

#### Příklad výpočtu:

$$I_{ij}^* = I_{ij} * q_i \quad (2)$$

$$I_{1A}^* = 1 * 3,250$$

$$I_{1A}^* = 3,250$$

q<sub>i</sub>.....váha významnosti i-tého parametru

I<sub>ij</sub> .....index změny i-tého parametru j-té varianty

VARIANTA 1				
KRITÉRIUM	HODNOTA	VÁHA VÝZNAMNOSTI KRITÉRIÍ q <sub>i</sub>	INDEX ZMĚNY I <sub>ij</sub>	VÁŽENÝ INDEX KRITÉRIA I <sup>*</sup> <sub>ij</sub>
K1	1	3,250	1	3,250
K2	4	2,500	4	10
K3	3	2,125	3	6,375
K4	3	3,375	3	10,125
K5	2	1,750	2	3,5
K6	2	2	2	4
Celkový součet indexů I <sup>*</sup> <sub>ij</sub> varianty 1				37,25

Tab. 16 Hodnocení varianty 1

VARIANTA 2				
KRITÉRIUM	HODNOTA	VÁHA VÝZNAMNOSTI KRITÉRIÍ q <sub>i</sub>	INDEX ZMĚNY I <sub>ij</sub>	VÁŽENÝ INDEX KRITÉRIA I <sup>*</sup> <sub>ij</sub>
K1	2	3,250	2	6,25
K2	1	2,500	1	2,25
K3	2	2,125	2	4,25
K4	2	3,375	2	6,75
K5	1	1,750	1	1,75
K6	2	2	2	4
Celkový součet indexů I <sup>*</sup> <sub>ij</sub> varianty 2				25,25

Tab. 17 Hodnocení varianty 2



VARIANTA 3				
KRITÉRIUM	HODNOTA	VÁHA VÝZNAMNOSTI KRITÉRIÍ $q_i$	INDEX ZMĚNY $I_{ij}$	VÁŽENÝ INDEX KRITÉRIA $I^*_{ij}$
K1	2	3,250	2	6,5
K2	4	2,500	4	10
K3	3	2,125	3	6,375
K4	3	3,375	3	10,125
K5	2	1,750	2	3,5
K6	2	2	2	2
Celkový součet indexů $I^*_{ij}$ varianty 3				38,5

Tab. 18 Hodnocení varianty 3

VARIANTA 4				
KRITÉRIUM	HODNOTA	VÁHA VÝZNAMNOSTI KRITÉRIÍ $q_i$	INDEX ZMĚNY $I_{ij}$	VÁŽENÝ INDEX KRITÉRIA $I^*_{ij}$
K1	2	3,250	2	6,5
K2	1	2,500	1	2,5
K3	2	2,125	2	4,25
K4	2	3,375	2	6,75
K5	1	1,750	1	1,75
K6	1	2	1	2
Celkový součet indexů $I^*_{ij}$ varianty 4				23,75

Tab. 19 Hodnocení varianty 4

**Vyhodnocení a určení nejvhodnější varianty:**

V níže uvedené tabulce je vidět, že neoptimálnější variantou je varianta 4, která je popsána výše.

VARIANTA	CELKOVÝ SOUČET VÁŽENÝCH INDEXŮ $I^*_{ij}$	POŘADÍ
1	37,25	3.
2	25,25	2.
3	38,5	4.
4	23,75	1.

Tab. 20 Vyhodnocení

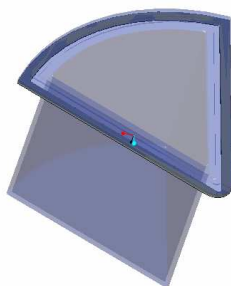
## 6. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Jak bylo již zmíněno výše, optimální varianta je varianta č. 4. U této varianty bude muset docházet k obměně víček, aby byly odebrané vzorky bezpečně uzavřeny v jednotlivých zásobnících a nedocházelo k úniku odebraného vzorku. Díky jednotlivým uzávěrům je možná manipulace s jednotlivými zásobníky, které budou po celou dobu plně uzavřeny. Konstrukční řešení nádoby na pevné, kapalné nebo plynné vzorky se neliší (mimo způsobu uzavření!). Celé řešení má formu stavebnice, kdy si lze zásobník upravit podle potřeby a typu předpokládaných odebraných vzorků.

### 6.1 VNITŘNÍ NÁDOBA

Vnitřní nádoba zásobníku (obr. 29) je výměnná a lze ji vyrobit z několika druhů materiálů (polyetylen, sklo, borosilikátové sklo, teflon, ...). Každý z těchto materiálů má určité specifické vlastnosti a odolává různým chemickým vlivům při různých teplotách.

V tomto případě jsou pro výrobu zvoleny dva materiály, a to: borosilikátové sklo a polyetylén. Tyto materiály jsou voleny pro svou vysokou odolnost proti negativním vlivům velkého množství látek, jako např. aceton, kyselina boritá (10%), chlor, kyselina dusičná (30%), kyselina chlorovodíková (20%), minerální oleje, ... . Nádobky budou měněny podle předpokládaného typu odebraného vzorku. Tvarové a rozměrové řešení nádobek je shodné v obou případech, pouze je odlišný materiál. Pro širší použití lze nádobky z vnitřní strany opatřit povrchovými povlaky (např. teflonové povrchové povlaky) a zvýšit tak jejich odolnost vůči nepříznivým vlivům, či rozšířit spektrum odebraných a přepravovaných vzorků v zásobníku.



**Obr. 29** Vnitřní nádoba



**Obr. 30** Pryžová vložka

Každá nádobka bude opatřena na stykové ploše s rámem pryžovou vložkou (obr. 30), aby bylo zabráněno poškození okraje vnitřní nádobky.

### **POLYETYLÉN – LDPE**

Jedná se o termoplast běžně používaný ve spotřebním zboží s hustotou, která se pohybuje v rozsahu 0,91-0,94 g/cm<sup>3</sup>. Teplota 95°C je maximální teplota, při které je výrobek z plastu ještě tvarově stálý a při teplotě -50°C materiál zkřehne.

Následně jsou uvedeny příklady chemické odolnosti vůči vybraným látkám (tab. 21). Záleží na podmínkách jako je teplota, tlak, světlo apod. Přičemž odolnost je hodnocena známkováním: 1 - velmi dobře odolává; 2 - odolávající; 3 - omezené použití; 4 - nestálý; 5 - rychlá degradace. [19]

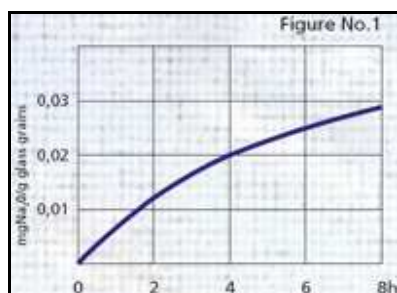
NÁZEV LÁTKY	ODOLNOST (hodnota známky)
Acetaldehyd	2
Aceton	3
Acetonitril	1
Amoniak, 25%	1
Hydroxid amonný, 5%	1
Benzin	3
Kyselina boritá, 10%	1
Benzaldehyd	3
Butanol	1
Butylacetát	2
Chlor, 10%	4
Chloroform	4
Kyselina citronová, 10%	1
Cyklohexan	3
Dibutylftalát	3
Dietyler	4
Kyselina octová, 50%	1
Etanol	1
Etylenglykol	1
Formaldehyd	1
Kyselina dusičná, 30%	2
Kyselina chlorovodíková, 20%	1
Kyselina sírová, 60%	2
Hydroxid sodný	1
Minerální olej	2
Toluen	2

**Tab. 21** Odolnost vůči látkám

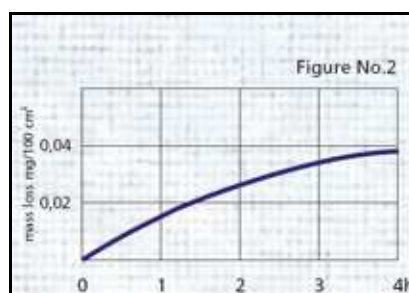
**BOROSILIKÁTOVÉ SKLO**

Borosilikátové sklo má velmi dobré chemické i fyzikální vlastnosti (hustota  $2,23 \text{ g/cm}^3$ ). Pro tyto vlastnosti jsou vhodné jak pro výrobu odměrného skla, u něhož je požadována dlouhodobá chemická odolnost, jako jsou byrety, tak i pro laboratorní sklo, které může být vystaveno vyšším teplotám, jako jsou např. kádinky.

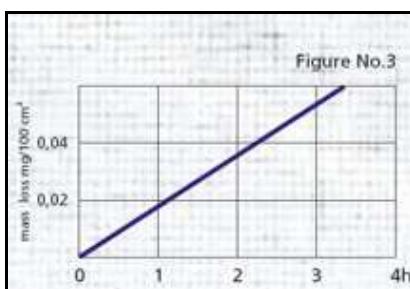
Působení kyselin a vody na povrch borosilikátového skla je zanedbatelně malé. Zpočátku přechází jen velmi malé množství jednomocných iontů do okolního prostředí. Na povrchu skla se postupně vytváří neporézní vrstva silikagelu, která působí inhibičně proti dalšímu působení okolního prostředí. Výjimku tohoto mechanismu působení vody a kyselin na povrch skla tvoří kyselina fluorovodíková a horká kyselina fosforečná, které brání tvorbě vrstvy silikagelu na povrchu skla. Typické časové závislosti úbytku oxidu sodného z povrchu skla působením vody a hmotnostní úbytek skla působením kyselin vztaženým na  $\text{cm}^2$  je znázorněno na obrázcích 31 a, b.



a)



b)



c)

**Obr. 31 a, b)** Časové závislosti úbytku oxidu sodného z povrchu skla působením vody a hmotnostní úbytek skla působením kyselin vztaženým na  $\text{cm}^2$   
**c)** Závislost hmotnostního úbytku skla v prostředí alkálií dle [20]

Působení zásad na povrch skla roste s koncentrací zásady a s výší teploty prostředí. V případě borokřemičitého skla je tato eroze omezena na několik mikrometrů

povrchové vrstvy, avšak k odleptání stupnice u odměrného skla v tomto prostředí může dojít. Znázornění časové závislosti hmotnostního úbytku skla v prostředí alkálií je znázorněno na obrázku 31 c. [20]

## **6.2 ČIŠTĚNÍ VNITŘNÍ NÁDOBY**

Nádoby v zásobníku budou po použití znečištěny od předchozích odebraných vzorků. Aby nedošlo k znehodnocení nových odebraných vzorků vlivem předchozích odběrů, musí být před výjezdem nádobky řádně očištěny. V této podkapitole je stručný popis, jak se nádoby z příslušných materiálů čistí.

### ***NÁDOBA: POLYETYLÉN – LDPE***

Sterilizace nádoby z LDPE je prováděna zářením, nebo působením etylenoxidu. Další možná sterilizace je chemickou cestou pomocí formalinu. [19]

### ***NÁDOBA: BOROSILIKÁTOVÉ SKLO***

Čištění nádoby z borosilikátového skla je prováděno také několika způsoby. Například zbytky sraženin odstraníme vhodnou kyselinou nebo zředěným roztokem hydroxidu sodného, či uhličitanu sodného. (Kyseliny méně narušují sklo, proto jsou preferovány.) Pokud se na nádobce vyskytuje větší množství mastnoty, lze ji odstranit pomocí organických rozpouštědel jako je trichlorethylen, tetrachlor, aceton atd. Menší množství organických látek odstraníme pomocí chromsírové směsi (= chromsírová kyselina).

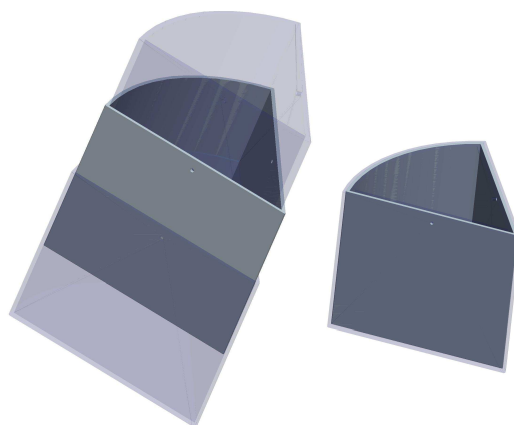
Jakmile jsou nečistoty odstraněny, nádobky je nutné opláchnout vodou (z vodovodu), pak destilovanou vodou a pro lepší oschnutí ještě denaturovaným ethanolem. [20]

## **6.3 OCHRANNÉ NÁDOBY**

Ochranné nádoby jsou voleny z hlediska možného výskytu radioaktivního záření. Tyto nádobky z různých materiálů zabrání radioaktivnímu záření znehodnotit

okolní odebrané vzorky a uchovat je ve stavu, v jakém byly odebrány pro další zkoumání. Záření  $\alpha$  lze odstranit papírem, sklem apod., kdežto u záření  $\gamma$  musíme použít např. ocel, olovo, materiály s vyššími protonovými čísly apod. Pro náš případ budeme uvažovat možnost výskytu záření  $\alpha$  a  $\beta$ .

V úvodu bylo zmíněno, že záření  $\alpha$  odstraníme například sklem, čemuž odpovídá materiál nádoby na odebrané vzorky. Pro odstranění záření  $\beta$  jsou voleny dvě ochranné nádoby z plexiskla a mezivrstvu tvoří nádoba ze směsi LNP Thermocomp HSG, což je materiál s vysokou měrnou hmotností, který může nahradit olovo. Olovo není samo o sobě vhodným stínícím materiálem pro toto záření, jelikož v něm vzniká tzv. tvrdé a intenzivní brzdné záření. Pokud by bylo použito jen samotné olovo, musela by být volena silná vrstva, a tím by se výrazně zvýšila hmotnost. Tento materiál (LNP Thermocomp HSG) poskytuje rozsáhlejší designové možnosti ve srovnání s olovem a také z hlediska ekologických rizik (které představuje olovo) je výhodnější použít směs LNP Thermocomp HSG.

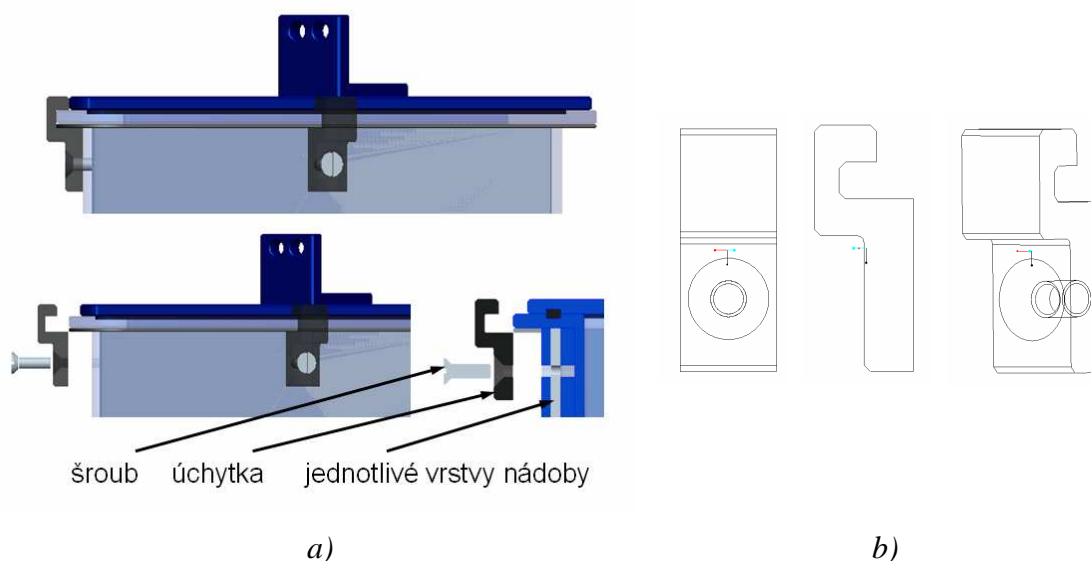


**Obr. 32** Ochranné nádoby (plexisklo- LNP Thermocomp HSG-plexisklo)

Například směrnice Evropské unie o Omezení nebezpečných látek požaduje téměř úplnou eliminaci olova ve většině elektrických a elektronických přístrojů. Mimoto může mít ochrana z olova tzv. horká místa – tj. místa, kudy může rentgenové záření pronikat. Směsi LNP Thermocomp pro ochranu před rentgenovým zářením z produkce společnosti GE chrání před radiací s účinností olova bez horkých míst či propouštění. Základem je wolfram – bezpečný HSG materiál – v polyamidu 6. Směsi LNP Thermocomp HSG pro ochranu před radiací mohou být vyrobeny se zvýšenou tuhostí, pevností či odolností proti nárazu pro náročnější použití. [21]

## 6.4 SPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH VRSTEV ZÁSObNÍKU

Spojení jednotlivých vrstev zásobníku v jednotný celek je zajištěno pomocí lepidla a spojení s hlavní nádobou je provedeno pomocí jednoduchého mechanismu v podobě úchytky a šroubu (obr. 33). Ochranné vrstvy jsou provrtány a následně po sestavení celé nádoby a přiložení úchytky sešroubovány do jednoho celku. Nádoba je opatřena dvěma úchytkami – každá na jedné z rovných stran nádoby. Systém spojení jednotlivých vrstev je stejný pro oba způsoby uzavření zásobníku.



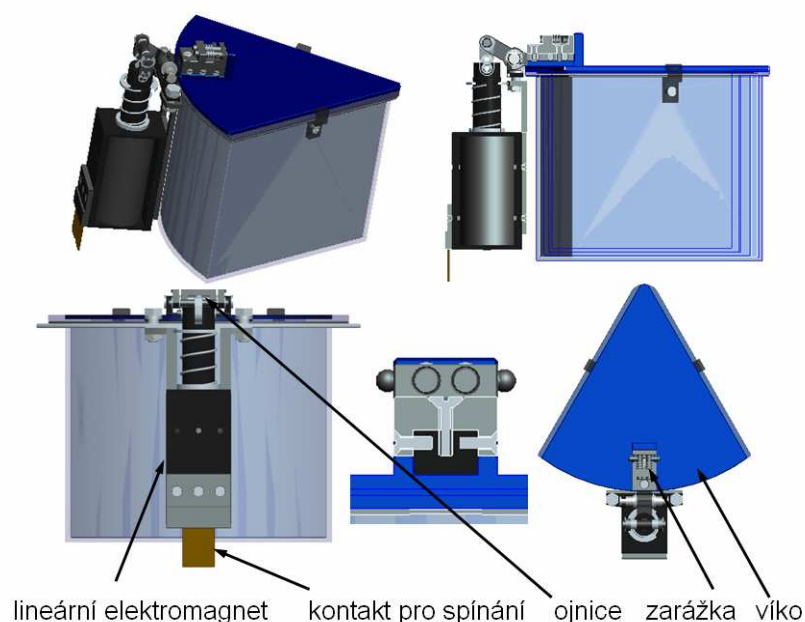
**Obr. 33 a) Spojení jednotlivých vrstev zásobníku; b) Úchytka**

## 6.5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VÍKA

Víko je konstrukčně řešené dvojím způsobem z důvodu skupenství odebraných vzorků (pevné, plynné a kapalné). První typ víčka (V1) je vhodný jak pro pevné vzorky, tak pro vzorky kapalné. Druhý typ (V2) je vhodný pro plynné a kapalné vzorky. Jednotlivá víčka mohou být kombinována v libovolném počtu v boxu, takže robot může odebrat zároveň pevné, kapalné i plynné vzorky, přičemž samozřejmě záleží na konstrukčním řešení koncového efektoru robotu, popř. jeho výměně. Výměna víček probíhá ručně a po očištění od předchozích odebraných vzorků, či potřebné výměně jednotlivých dílů, jsou připravena k opětovnému použití.

**TYP VÍKA VI**

Víko V1 (obr. 34) je určeno pro uzavření nádoby na pevné nebo kapalné vzorky. Utěsnění nádoby je zajištěno těsnícím členem mezi nádobou a víkem. Otvírání a uzavírání nádoby je zajištěno pomocí jednoduchého mechanismu v podobě elektromagnetu s pružinou (pružina zabraňuje nechtěnému otevření víka), ojnice, páky a zarážky. Zarážka slouží ke spojení převodového mechanismu s víkem. Ovládá se jednoduchým způsobem pomocí úchyty, který po otočení o úhel  $90^\circ$  umožní zasunutí (v opačném případě vysunutí) čepu, a tím dojde k upevnění (uvolnění) víka s pohybovým mechanismem. Zabránění zpětného pohybu a následnému uvolnění víka je provedeno pomocí pružin, nasunutých na čepech.



**Obr. 34** Víko V1

**Konstrukční řešení zarážky**

Zarážka je řešená pomocí čepů s úchyty a pružinami, které zajišťují spojení víka s pohybovým mechanismem, a tím je umožněno otevírání/zavírání nádoby.

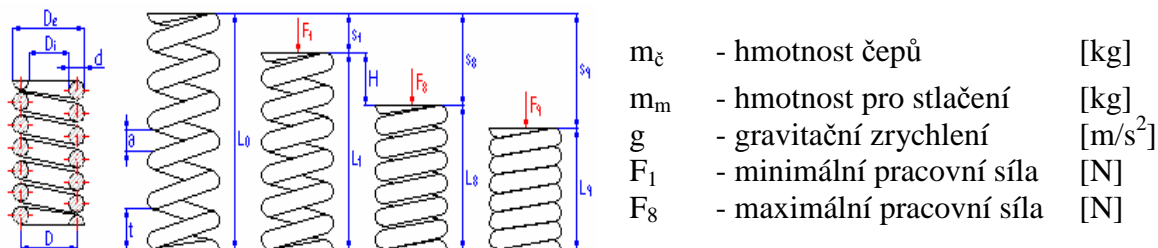
**Návrh pružiny**

Při návrhu pružiny vycházíme ze síly, která musí být větší než síla, která působí v nejnejpříznivější poloze. Pro tento případ je to poloha, kdy je víko otevřené a hrozí



uvolnění čepů a následné uvolnění víka. Předpokládáme, že odebraný vzorek nebude ukládán za pohybu robota, tudíž nebude působit vliv okolí a tyto síly lze zanedbat.

- Výpočet síly



**Obr. 35** Schéma zatížení pružiny

$$F_1 = m_{\xi} \cdot g \quad (1)$$

$$F_1 = 2,768^{-03} \cdot 9,81$$

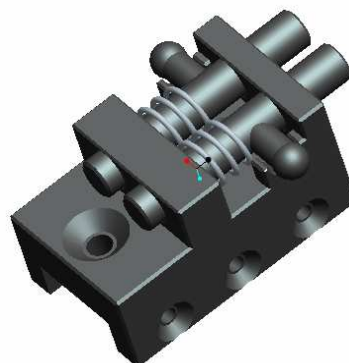
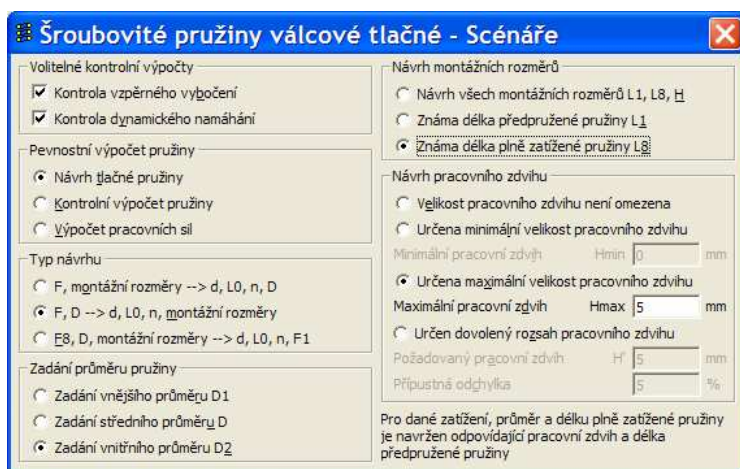
$$F_1 = 0,027 \text{ N}$$

$$F_8 = m_m \cdot g$$

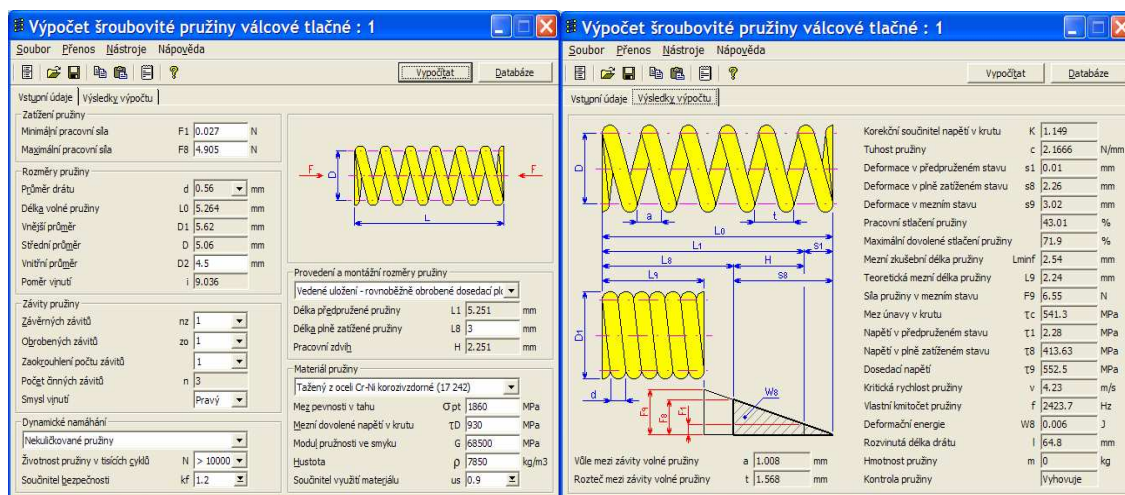
$$F_8 = 0,5 \cdot 9,81 \quad (2)$$

$$F_8 = 4,905 \text{ N}$$

- Návrh pružiny



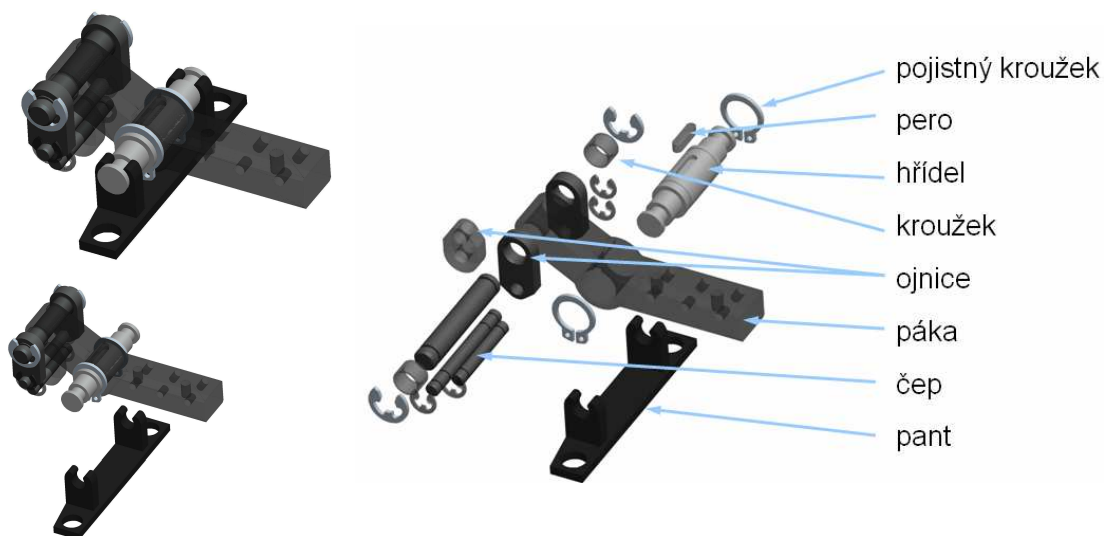
**Obr. 36 a** Výpočet pružiny



**Obr. 36 b Výpočet pružiny**

### Převodový mechanismus

Převodový mechanismus umožňuje rychlé a jednoduché spojení s víkem (spojení je zajištěno pomocí zarážky, která je spojena pomocí šroubového spoje s pákou, a díky čepům zarážky pak s víkem). Celé konstrukční řešení zásobníků je stavebnicového typu, tudíž i konstrukce převodového mechanismu tomu odpovídá. Dejme tomu, že se robot vrátil do depa po odběru pevných vzorků a při novém výjezdu má odebrat např. plynné vzorky. V tomto případě je tedy nutné vyměnit víčko a není důvod, aby znovu vyjížděl s mechanismem pro otvírání jiného typu víka. Proto mechanismus obsluha odstraní snadným vytažením z pantu. Schéma převodového mechanismu je uvedeno níže.



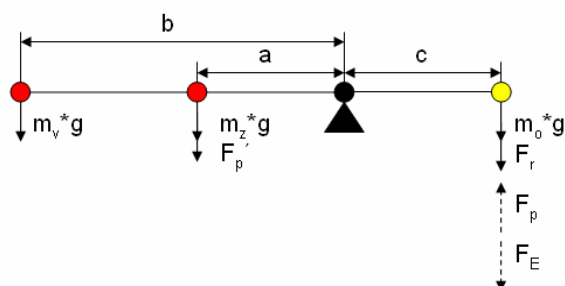
**Obr. 37** Převodový mechanismus

Návrh elektromagnetu

Elektromagnet je spojen s převodovým mechanismem pomocí koncové ojnice a čepu. Elektromagnet bude napájen jen v době otevírání víka a setrvání v této poloze, po uzavření víka a pootočení boxu se zásobníky není už dále daný elektromagnet napájen. Aby bylo zabráněno otevření víka v době, kdy elektromagnet nebude napájen, je použita pružina. Pružina pomocí páky přitlačuje víko na nádobku, čímž je nádoba po celou dobu uzavřena. Parametry zvoleného elektromagnetu jsou uvedeny v příloze č.1.

- Výpočet sil

$m_v$ ... hmotnost víka	[kg]
$m_z$ ... hmotnost zarážky	[kg]
$m_o$ ... ojnice s čepem	[kg]
$g$ ... gravitační zrychlení	[m/s <sup>2</sup> ]
$F_p'$ ... síla pružiny na víko	[N]
$F_p$ ... síla pružiny	[N]
$F_r$ ... síla pro rovnováhu páky	[N]
$F_E$ ... síla elektromagnetu	[N]



**Obr. 38** Schéma působení sil

Síla pro rovnováhu páky

$$F_r' = \frac{m_v * g * b + m_z * g * a}{c} \quad (3)$$

$$F_r' = \frac{0,323 * 9,81 * 0,069 + 0,023 * 9,81 * 0,02}{0,017}$$

$$F_r' = 13,657 \text{ N}$$

$$F_r = F_r' - m_o * g \quad (4)$$

$$F_r = 13,657 - 0,0102 * 9,81$$

$$F_r = 13,557 \text{ N}$$

Minimální síla pružiny ( $F_l$  - obr. 32)

$$F_{p-\min} = F_r$$

$$F_{p-\min} = 13,557 \text{ N}$$

Požadovaná síla na víku od pružiny - zabraňuje nechtěnému otevření víka:

$$F_p' = 4,905 \text{ N} \quad \text{Zvoleno}$$

Maximální síla pružiny ( $F_g$  - obr. 32)

$$F_{p-\max} = \frac{F_p' \cdot a}{c} - F_r$$

$$F_{p-\max} = \frac{4,905 \cdot 0,02}{0,017} + 13,557$$

$$F_p = 19,328 \text{ N}$$

Síla elektromagnetu

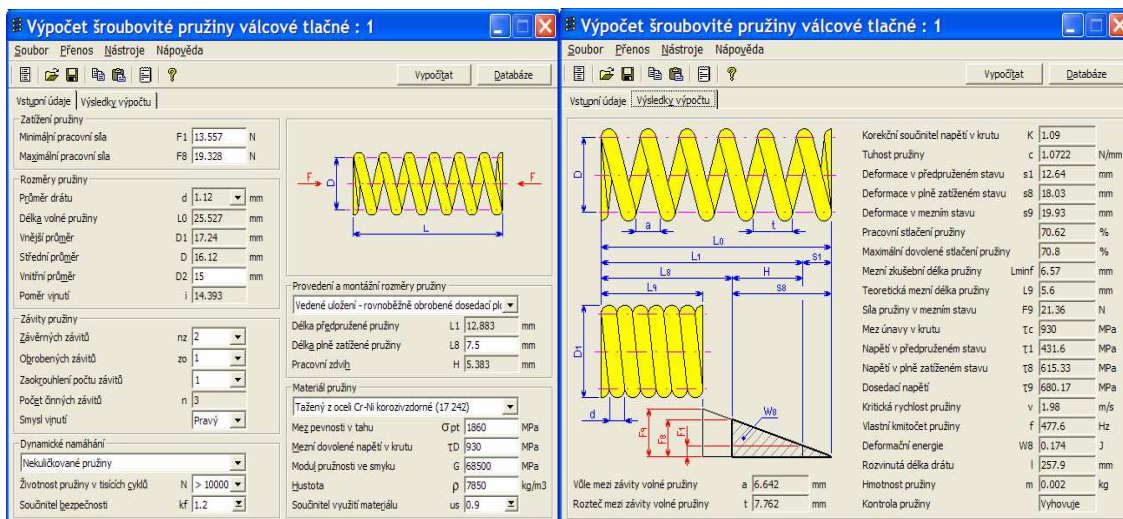
$$F_E = \frac{m_v \cdot g \cdot b + m_z \cdot g \cdot a + F_p' \cdot a}{c}$$

$$F_E = 19,428 \text{ N}$$

→ Volím elektromagnet AU1564L-12-11.1 [23]

- Návrh pružiny

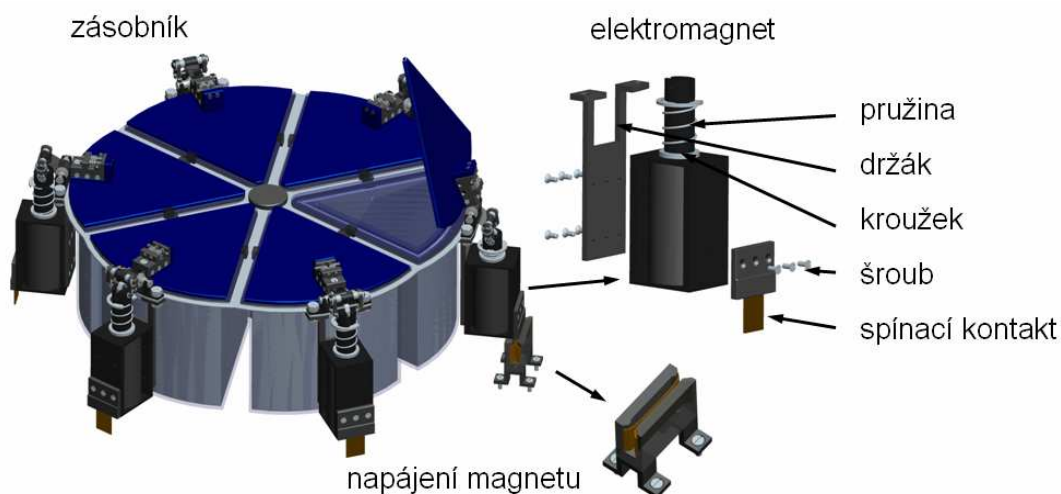
**Obr. 39 a Výpočet pružiny**



Obr. 39 b Výpočet pružiny

- Konstrukční řešení

Elektromagnet je spojen s převodovým mechanismem pomocí čepu a ojnice, která je součástí převodového mechanismu. Elektromagnet je upevněn pomocí držáku k centrálnímu rámu a nežádoucí otevření víka je zajištěno pomocí pružiny, která je umístěna na elektromagnetu. O tuto sílu (pružiny) musí být navýšena potřebná síla elektromagnetu (viz výpočet 7). Každá nádoba má pro ovládání víka svůj magnet a ten bude napájen pouze v určité poloze, tj. jednou za otáčku celého zásobníku, kdy bude požadované otevření víka. Elektromagnet je opatřen kontaktním spojem, který umožní napájení magnetu v určité poloze. Schématické znázornění je vidět níže na obrázku.



Obr. 40 Konstrukční řešení elektromagnetu

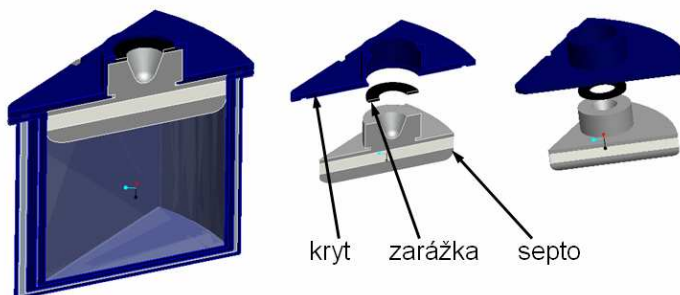


**TYP VÍKA V2**

Víko V2 (obr. 42) je určeno pro uzavření nádoby na kapalné nebo plynné vzorky. Utěsnění nádoby je zajištěno pomocí septa, které je součástí víka. Víko se skládá z krytu, zarážky a septa. Plnění nádoby bude probíhat vpichem jehly (jehla bude součástí efektoru), která pronikne septem. Víčko je konstrukčně řešené stejným způsobem, jako lékařské zkumavky, např. pro odběr krve či manipulaci s léky (obr. 5). Další možný způsob uzavření je zalití místa vpichu voskem, jako je tomu například u plastových vaků na infuzní roztoky (obr. 41). Tento způsob ale z několika důvodů není vhodný. Jedním z nich je např. výměna. Výměna septa je nejen jednodušší, ale i mnohem rychlejší. Dále pak nesmí být podceňena agresivita odebraných vzorků a jejich teplota při odběru a manipulaci, aby nebylo narušeno utěsnění nádoby. Celá nádoba bude muset být vakuově uzavřena.

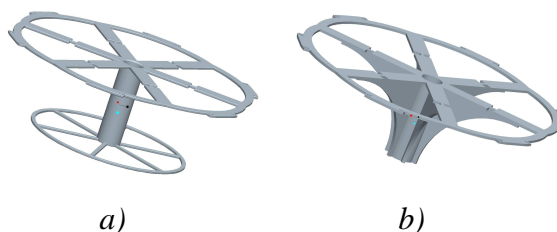
Vakuum vytvoříme pomocí horkého vzduchu, kdy se po jeho zchladnutí vytvoří vakuum, nebo pomocí vpichu a následným odsáním vzduchu.

Septa do víček na kapalné a plynné vzorky budou řešená na stejný způsob jako septa Hamilton Three-Layer. Tato septa mají střední vrstvu z měkkého silikonu, která se po vytažení jehly rychle vrací do původního tvaru a velmi dobře těsní. Horní a spodní vrstvy z tvrdšího silikonu zaručují dlouhou životnost. Max. pracovní teplota je 200 °C. Průměrná životnost je 100 vpichů jehlou o vnějším průměru 0,47 mm a vnitřním průměru 0,13 mm (Těmto rozměrům odpovídá např. jehla s označením 26s od firmy Hamilton. Tato firma vyrábí i zmíněná septa. [22]).

**Obr. 41** Plastový vak**Obr. 42** Víko V2

## 6.6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NOSNÉHO RÁMU NÁDOB

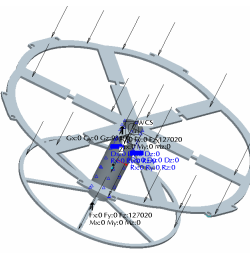
Pro konstrukční řešení nosného rámu nádoby je opět několik možností řešení – různé konstrukce, materiály apod. Pro tento případ (rotační pohyb boxu se zásobníky s trojúhelníkovým průřezem a samostatným víkem pro každý zásobník) jsou voleny dva typy. Každý typ je počítán pro materiál ocel a hliník. Výsledky jsou následně porovnány a je zvoleno výsledné řešení nosného rámu. Výsledné hodnoty provedených analýz jsou k dispozici v příloze č. 2.



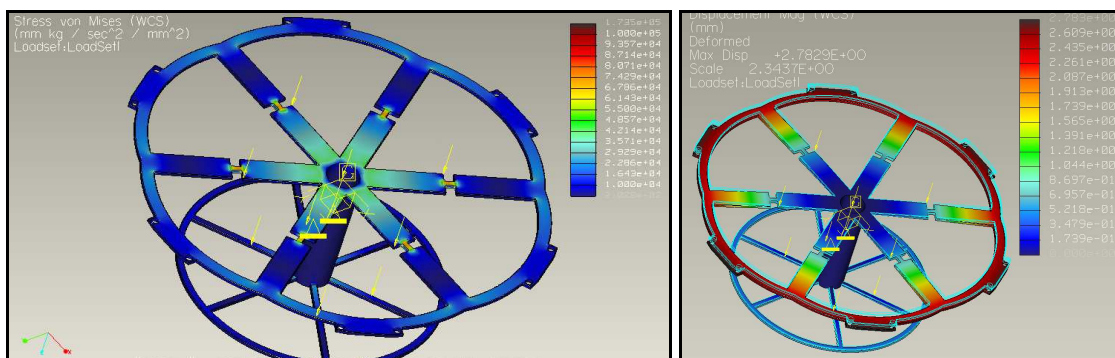
Obr. 43 a) Varianta R1; b) Varianta R2

### POROVNÁNÍ VARIANTY R1 – hliník x ocel

V obou případech výpočet konvergoval s přesností 10 % a výpočet byl proveden v šesté iteraci. Do výpočtu bylo zahrnuto působení gravitace a působící síla na stykovou plochu mezi jednotlivými zásobníky a rámem byla vypočtena na  $F = 127,020 \text{ N}$ . Pro oba výpočty jsou zadané parametry stejné, liší se pouze ve zvoleném materiálu, viz tab.22.

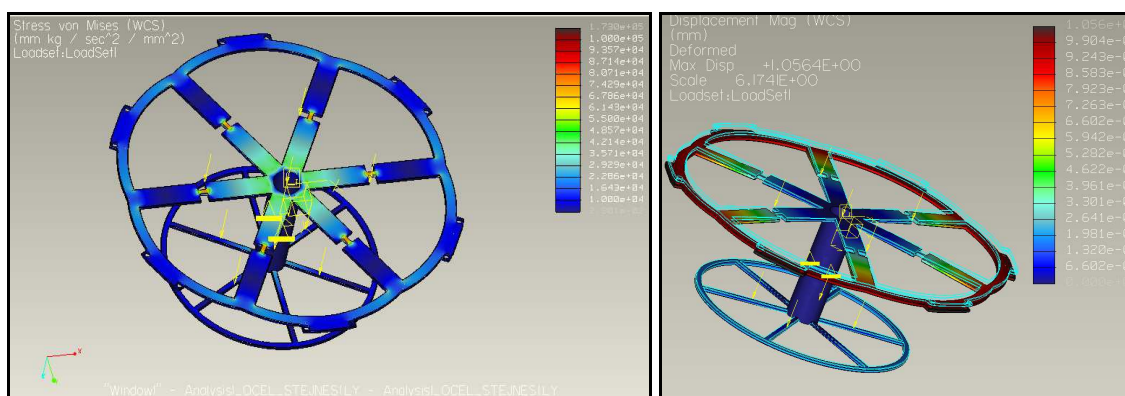
R1 HLINÍK			R1 OCEL			SCHÉMA
NAPĚTÍ [MPa]	max.	173,5 (74*)	NAPĚTÍ [MPa]	max.	173 (85*)	
	min.	0,00002		min.	0,00003	
DEFORMACE [mm]	max.	2,783	DEFORMACE [mm]	max.	1,056	
	min.	0		min.	0	
Poznámka:		Maximální hodnoty napětí vycházejí v místech, která budou odstraněny pozdějším opracováním. (*) druhá nejvyšší hodnota				

Tab. 22 Porovnání varianty R1

**Analýza pro variantu R1 hliník**

a)

b)

**Obr. 44 a) Napěťová analýza R1 hliník b) Deformační analýza R1 hliník****Analýza pro variantu R1 ocel**

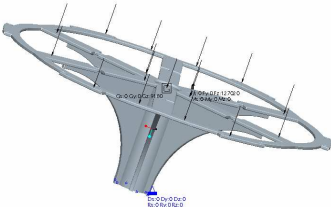
a)

b)

**Obr. 45 a) Napěťová analýza R1 ocel b) Deformační analýza R1 ocel****POROVNÁNÍ VARIANTY R2 – hliník x ocel**

I v těchto případech výpočet konvergoval s přesností 10 % a výpočet byl proveden v sedmé iteraci. Do výpočtu bylo zahrnuto působení gravitace a působící síla na stykovou plochu mezi jednotlivými zásobníky a rámem byla vypočtena na  $F = 127,020 \text{ N}$ . Pro oba výpočty jsou zadány parametry stejné, liší se pouze ve zvoleném materiálu, viz tab. 23.

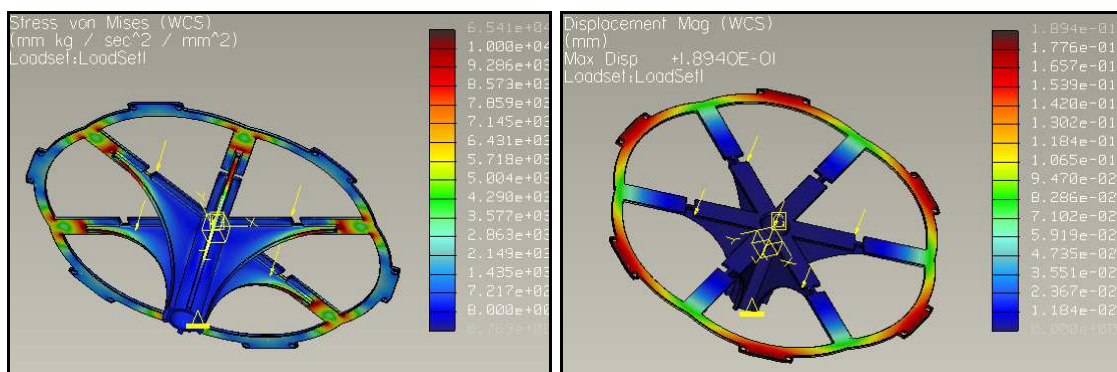


R2 HLINÍK			R2 OCEL			SCHÉMA
NAPĚTÍ [MPa]	max.	65 (10*)	NAPĚTÍ [MPa]	max.	68,52 (10*)	
	min.	0,008		min.	0,008	
DEFORMACE [mm]	max.	0,189	DEFORMACE [mm]	max.	0,072	
	min.	0		min.	0	
Poznámka:		Maximální hodnoty napětí vycházejí v místech, která budou odstraněny pozdějším opracováním. (*) druhá nejvyšší hodnota				

Tab. 23 Porovnání varianty R2

Maximální hodnoty deformace jsou v místech, kde nebude působit tak velká síla, pro kterou byl výpočet proveden. Toto zatížení bylo voleno pro jednoduchost výpočtu. V místech max. deformace bude působit tíha od držáku elektromagnetu a samotného elektromagnetu v případě použití víka pro pevné, popř. kapalné vzorky, která je mnohem menší než od jednotlivých nádobek.

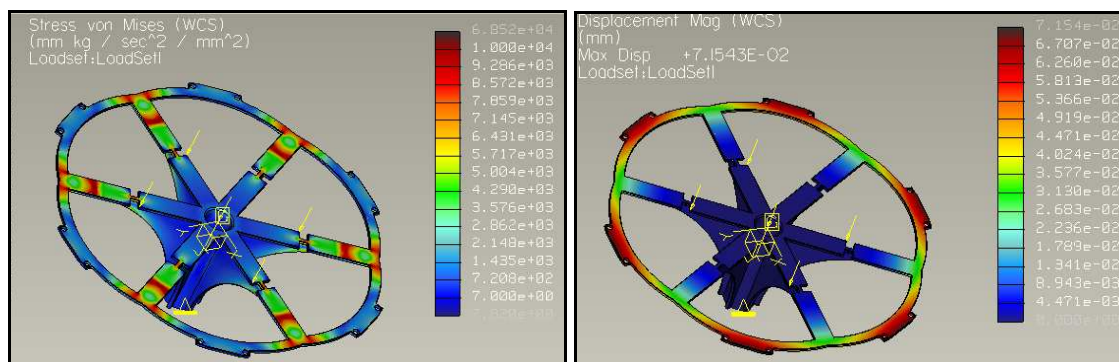
### Analýza pro variantu R2 hliník



a)

b)

Obr. 46 a) Napěťová analýza R2 hliník b) Deformační analýza R2 hliník

**Analýza pro variantu R2 ocel**

a)

b)

**Obr. 47 a) Napěťová analýza R2 ocel b) Deformační analýza R2 ocel****VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ – VÝSLEDNÉ ŘEŠENÍ**

Při hodnocení výsledků bylo zjištěno, že dle vypočtených hodnot (výpočet byl proveden pomocí programu Pro/ENGINEER) u obou variant R1 i R2, z hliníku i oceli, vychází nejpříznivěji varianta R2 HLINÍK. U této varianty byla stanovena opatření pro snížení hmotnosti a snížení napěťových špiček v podobě odlehčení žebér a různých zaoblení, či zkosení. Celková hmotnost výsledné varianty je  $m = 0,3 \text{ kg}$ . (viz tab. 24)

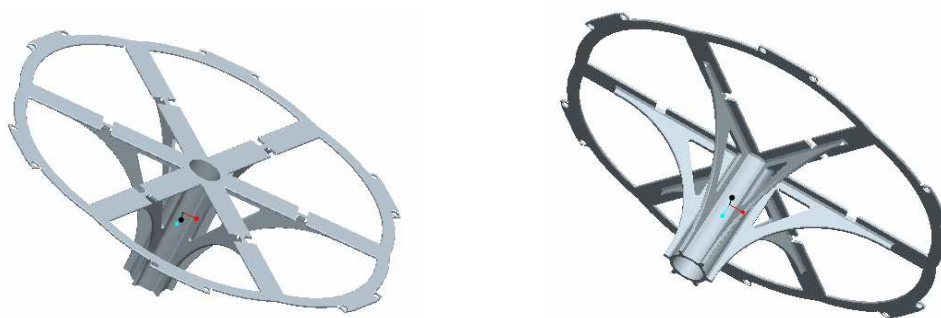
R2 HLINÍK			R2 OCEL			SCHÉMA
NAPĚTÍ [MPa]	max.	83 (46*)	NAPĚTÍ [MPa]	max.	85 (75*)	
	min.	0,0003		min.	0,0002	
DEFORMACE [mm]	max.	0,5321	DEFORMACE [mm]	max.	0,199	
	min.	0		min.	0	
Poznámka:		Maximální hodnoty napětí vycházejí v místech, která budou odstraněny pozdějším opracováním. (*) druhá nejvyšší hodnota				

**Tab. 24** Výsledná varianta R2

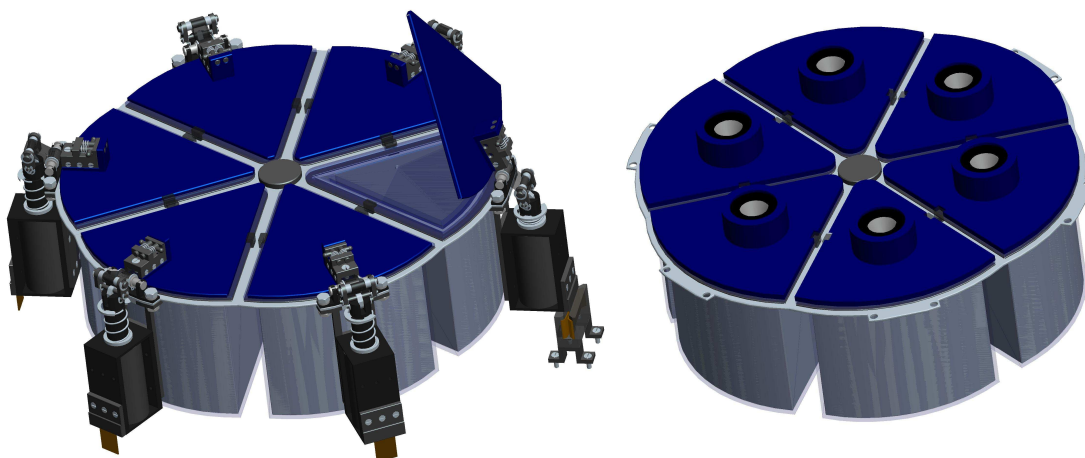
Výsledné hodnoty pro tuto variantu (pro porovnání jsou přidány do tabulky hodnoty pro R2 OCEL) jsou zobrazeny v tabulce 23. Opět i v tomto případě jsou maximální hodnoty deformace v místech, kde nebude působit tak velká síla, pro kterou byl výpočet proveden. Toto zatížení bylo voleno jako v předchozích výpočtech pro jednoduchost daného výpočtu. V místech max. deformace bude působit tíha od držáku elektromagnetu a samotného elektromagnetu v případě použití víka pro pevné, popř. kapalné vzorky, která je mnohem menší než od jednotlivých nádobek. Výsledná varianta konstrukčního řešení je zobrazena na obrázku 48.

**Poznámka:**

Výpočet v obou případech konvergoval s přesností 10 % a byl proveden v 7. iteraci.



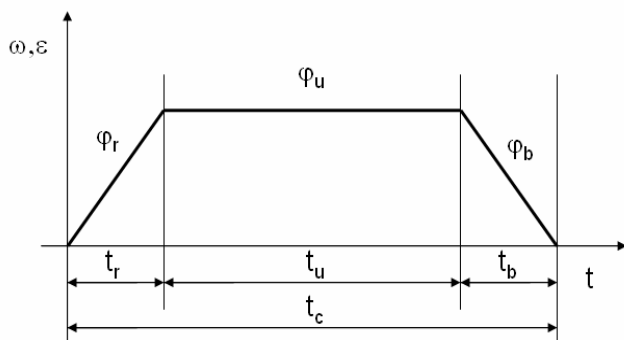
**Obr. 48** Výsledné konstrukční řešení nosného rámu



**Obr. 49** Výsledné konstrukční zásobníku – vrchní část

## 6.7 POHON ZÁSOBNÍKU

Při návrhu pohonu vycházíme z hmotnosti celé konstrukce, hmotnosti odebraných vzorků a v neposlední řadě z momentu setrvačnosti jednotlivých částí, opět včetně zátěže. Pro chod předpokládáme rampovou funkci, ze které také budeme při výpočtu vycházet. Zásobník bude pootočen vždy o  $60^\circ$ , tj.  $\varphi = 60^\circ$ . Základní parametry jsou znázorněny na obrázku.



$t_c$	... celkový čas	= 1,1	[s]
$t_r$	... čas rozběhu	= 0,3	[s]
$t_u$	... čas ustálení	= 0,5	[s]
$t_b$	... čas doběhu	= 0,3	[s]
$\varphi_r$	... dráha rozběhu	= 15	[°]
$\varphi_u$	... dráha ustálení	= 30	[°]
$\varphi_b$	... dráha brzdění	= 15	[°]

**Obr. 50** Rampová fce

- Výpočet parametrů potřebných pro návrh pohonu

Pomocí programu Pro/ENGINEER byl získán moment setrvačnosti potřebný pro výpočet, jehož hodnota je  $J_c = 130413,19 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2 = 0,134 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ . Ostatní parametry jsou vyneseny na obrázku č. 50.

### Úhlová rychlost

$$\varphi = \frac{1}{2} \varepsilon * t^2 \Rightarrow \omega = \frac{2 * \varphi}{t}$$

$$\omega = \frac{2 * \varphi}{t_c} = \omega = \frac{2 * \left( 60 * \frac{3,14}{180} \right)}{1,1} \quad (8)$$

$$\omega = 1,903 \text{ rad/s}$$

Úhlové zrychlení

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t_r} = \frac{1,903}{0,3} \quad (9)$$

$$\varepsilon = 6,343 \text{ rad/s}^2$$

Otáčky

$$n = \frac{\omega}{2 * \pi} = \frac{1,903}{2 * 3,14} \quad (10)$$

$$n = 0,303 \text{ ot/s} = 0,303 * 60 = 18,182 \text{ ot/min}$$

Kroutící moment

$$M_c = M_d + M_n$$

$$M_c = J * \varepsilon + m * g * r \quad (11)$$

$$M_c = 0,134 * 6,343 + (0,5 * 6) * 9,81 * 0,099$$

$$M_c = 0,85 + 2,914$$

$$M_c = 3,764 \text{ Nm}$$

Poznámka:

$M_d$  ... moment dynamický [Nm];  $M_n$  ... moment z nevyvážených hmot [Nm],  
 $r$ ... rameno, na kterém působí zátěž ( $r = 0,099$  [m]);  $g$  ... gravitační zrychlení [ $\text{m/s}^2$ ].

Výkon na výstupu

$$P = M_c * \omega = 3,764 * 1,903 \quad (12)$$

$$P = 7,163 \text{ W}$$

- Volba pohonu

Na základě výše vypočtených parametrů je zvolen stejnosměrný pohon od firmy DANAHER MOTION s označením 9FGCHD/150:1. [24] Parametry pohonu jsou uvedeny v tabulce č. 25 a v příloze č. 3.

POPIS	HODNOTA	JEDNOTKY
Označení	9FGCHD/150:1	-
Převodový poměr	150:1	-
Otáčky	20	[ot/min]
Kroutící moment	6,8	[Nm]
Max. kroutící moment	14,2	[Nm]
Napětí	10,8	[V]
Proud	3,9	[A]



Tab. 25 Základní parametry pohonu



Obr. 51 Zvolený pohon (9FGCHD/150:1) – vlevo dle [24]

- Volba spojky

K vybranému pohonu byla vybrána spojka od firmy R+W Coupling Technology s označením: BKL/10/14/9 [25]. Při volbě byly rozhodující nejen požadované parametry (vypočtené výše pro pohon), ale také rozměry z hlediska minimalizace rozměrů. Základní parametry jsou uvedeny v tabulce č. 26 a v příloze č. 4.

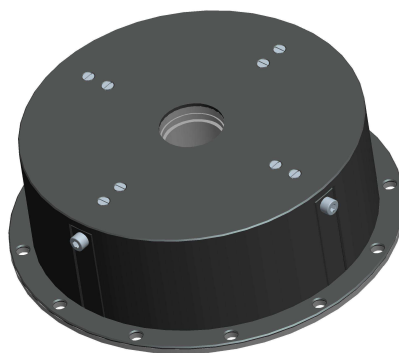
POPIS	HODNOTA	JEDNOTKY
Označení	BKL/10/14/9	-
Kroutící moment	10	[Nm]
Axiální 	1	[mm]
Laterální 	0,2	[mm]

Tab. 26 Základní parametry spojky

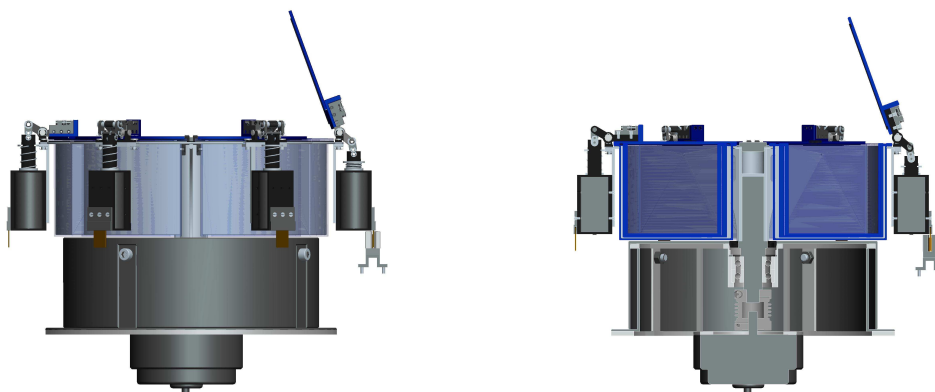
Obr. 52 Spojka BKL/10/14/9  
dle [25]

## 6.8 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ SPODNÍHO NOSNÉHO RÁMU

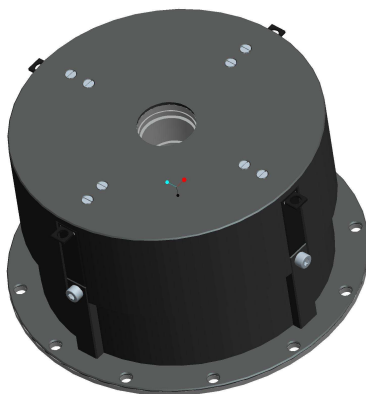
Spodní nosný rám (obr. 53, 55) je řešen tak, aby bylo možné nastavit libovolnou výšku rámu. Toto řešení je voleno z důvodu nespecifikovaného podvozku, na který rám bude upevněn. Při volném místě v rámu, kdy pohon bude moci být „spuštěn“ do spodní části podvozku (obr. 54), bude výška rámu nastavena na nižší (popř. minimální) výšku podle možnosti podvozku, než když tato možnost nebude připadat v úvahu a žádné volné místo nebude. V tomto případě bude rám nastaven do maximální výšky, kdy bude celý pohon nad úrovní rámu podvozku. Rám lze nastavit do pěti různých výškových poloh vždy po 17,5 mm. Analýza rámu je přiložena v příloze č. 5.



**Obr. 53** Spodní rám – min.výška



**Obr. 54** Box s minimální výškou spodního rámu



**Obr. 55** Spodní rám – maximální výška

## 6.9 MANIPULACE SE ZÁSOBNÍKY

S jednotlivým zásobníky bude manipulováno na základě otočného rámu, který je spojen s pohonem od firmy DANAHER MOTION s označením 9FGCHD/150:1 pomocí spojky od firmy R+W Coupling Technology s označením BKL/10/14/9. Vše je propojeno s řídicím systémem, který zajistí, že po naplnění nádoby bude rám pootočen vždy o 60°, aby mohlo dojít k naplnění další z nádob.

Zásobník jako takový připraví obsluha před výjezdem. Jedná se o sestavení jednotlivých nádobek s příslušnými víčky do zásobníku – boxu a usazení boxu do požadované polohy na rám robotu tak, aby robot mohl provést odběrovou činnost dle potřeby. Zásobník je nasunut na hnanou hřídel, která je zakončena šestihranem, a tím je určena poloha jednotlivých nádob. Hmotnost zásobníku a délka hnací hřídele (na které je zásobník nasunut) zaručí, že nedojde k nechtěnému vysunutí při jízdě robotu. Usazení zásobníku na spodní část je vidět na obrázku 54.

Robot lze opatřit dalším zásobníkem, kdy jednoduchým způsobem (uchycením za rám boxu a vysunutí z hnané hřídele) lze vyměnit plný box za prázdný a pokračovat v odběru vzorku, aniž by se musel vrátit do depa (toto musí umožnit konstrukční řešení podvozku a ramene robotu). Po návratu na stanoviště obsluha odebere jednotlivé nádoby, popř. celý zásobník, s odebranými vzorky a připraví robot na další výjezd.

## 7. TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ KONSTRUKCE

Celkové řešení disponuje modulární koncepcí. Zásobník lze tedy libovolně sestavit pro jakýkoliv odběr vzorků. V případě, že obsluha je obeznámena s problematikou typu odebíraných vzorků, lze zásobník připravit přesně podle druhu a množství vzorků, z čehož vyplývá přesný počet a typy jednotlivých nádobek. Uzavírání nádobek není řešeno pomocí centrálního víka, proto lze využít všechny pozice zásobníků a docílit tak maximálního využití místa ve formě 6 nádobek (vždy po 60°), na místo 5 odebraných vzorků. Tato možnost je vhodná pro všechny tři typy skupenství vzorků, které mohou být odebrány.

Nádoby jsou samostatně uzavřeny, z čehož vyplývá, že nedochází k úniku vzorků (ke kterému by docházelo vlivem otevření centrálního víka v době plnění



nádobek) ani ke kontaminaci ostatních vzorků vlivem znečištění víka od jiného vzorku. Další a podstatnou výhodou je, že při selhání systému otevírání jednoho z vík jsou ostatní víka plně funkční (u varianty s centrálním víkem jsou nádoby v případě selhání nepoužitelné a musí být celý zásobník dopraven do řídicího střediska). Výhoda samostatného uzavření spočívá i v následné manipulaci s jednotlivými nádobami.

Víko je řešeno dvojím způsobem (pro pevné – kapalné vzorky otevírací pomocí elektromagnetu; pro plynné – kapalné vzorky propichovací septa), jak je popsáno v dřívějších kapitolách. Oba typy uzávěrů je nutno nechat vyrobit na zakázku. Otevírání a zavírání víka (pevné – kapalné vzorky) je řešeno pomocí elektromagnetu a kontaktního plíšku, které umožňuje napájení magnetu jen v určité poloze (jeden magnet = 1 x napájen po pootočení o 360°). Tím odpadá složité řešení kabeláže apod. Důležité je otáčení zásobníku pouze jedním směrem, aby nedošlo k nežádoucímu otevření vzorku a jeho kontaminaci, v horším případě ztrátě vzorku. Tyto kontakty i jejich centrální napájení jsou vyrobeny na zakázku.

Trojúhelníkový průřez u nádobek je náročnější na výrobu oproti kruhovému průřezu, avšak je rozdíl v konečném objemu, a tím i v rozměrech celého zásobníku (trojúhelníkový průřez je výhodnější). Materiály jsou voleny z hlediska odolnosti odebraných vzorků. Všechny materiály je možno zpracovat běžně dostupnými technologiemi a výroba jednotlivých dílů nádob není náročná a nijak složitá. Jednou z vlastností trojúhelníkového průřezu je, že při manipulaci je zabráněno kutálení nádoby, oproti kruhovému průřezu, a tím usnadněná manipulace.

Materiál jednotlivých částí, jak bylo zmíněno, je volen tak, aby byla zaručena odolnost vůči odebraným vzorkům. Je zřejmé, že nelze vystihnout všechny možnosti odebraných vzorků, ale lze zaručit širokou škálu těchto vzorků. Aby toto bylo splněno, jsou vnitřní nádoby ze dvou různých materiálů (borosilikátového skla a polyetylenu – LDPE). Rozměrové řešení nádobek je shodné, odlišnost je pouze v materiálu. Obsluha připraví nádobku podle toho, jaký bude předpoklad odebraného vzorku. Opět lze jednotlivé nádoby v zásobníku kombinovat.

Ochranné nádoby jsou voleny z důvodu možného výskytu radioaktivity (viz. 6.3 *Ochranné nádoby*). Tyto nádoby jsou voleny ze třech vrstev (plexisklo - směs LNP Thermocomp HSG – plexisklo) Materiál LNP Thermocomp HSG poskytuje rozsáhlejší designové možnosti ve srovnání s olovem a také je výhodnější z hlediska ekologických rizik, která představuje olovo.

Množství odebraných vzorků se bude pohybovat od 200 - 500 ml, jak je uvedeno v požadavkovém listu. Nádobka je konstruovaná na max. množství 500 ml a max. hmotnosti odebraného vzorku 0,5 kg. V případě různého typu odebraných vzorků je nutné zajistit automatickou výměnu a čištění efektoru.

Maximální plocha zabraná zásobníkem je v konečné fázi menší než byly stanoveny maximální rozměry, což je vyhovující.

S jednotlivými zásobníky bude manipulováno na základě otočného rámu, který je spojen s pohonem od firmy DANAHER MOTION s označením 9FGCHD/150:1 pomocí spojky od firmy R+W Coupling Technology s označením BKL/10/14/9. Řídící systémem zajistí pootočení nosného rámu po naplnění nádoby vždy o 60°, aby mohlo dojít k naplnění další z nádob.

Obsluha připraví jednotlivé nádoby s příslušnými víčky do zásobníku – boxu a usadí box do požadované polohy na rám robotu tak, aby robot mohl provést odběrovou činnost dle potřeby. Robot lze opatřit dalším zásobníkem, kdy jednoduchým způsobem (uchycením za rám boxu a vysunutím z hnané hřídele) lze vyměnit plný box za prázdný a pokračovat v odběru vzorku, aniž by se musel robot vrátit do depa. Po návratu na stanoviště obsluha odebere jednotlivé nádoby, popř. celý zásobník, s odebranými vzorky.

## ZÁVĚR

Úkolem diplomové práce bylo navrhnout konstrukci zásobníků pro ukládání odebraných vzorků. Po upřesnění zadání bylo stanoveno, že zásobník má být řešen alternativně pro všechny typy vzorků. V úvodu byla provedena analýza současného stavu řešené problematiky a specifikace možných odebraných vzorků. Na základě požadavkového listu byly navrženy možné varianty řešení a pomocí vícekritériálního hodnocení byla vybrána optimální varianta. Tato varianta byla dále podrobněji rozpracována.

Byl navržen zásobník pro výše uvedené typy vzorků, který disponuje modulární koncepcí (lze ho tedy libovolně sestavit podle odebíraných vzorků). Zásobník je konstrukčně řešen pro šest odebraných vzorků – nádoby pootočený vždy o 60°. Díky modulární koncepci zásobník může uchovat zároveň pevné, kapalné i plynné vzorky, aniž by docházelo ke kontaminaci či úniku jednotlivých vzorků. Množství odebraných vzorků se bude pohybovat od 200 - 500 ml, jak je uvedeno v požadavkovém listu. Nádobka je konstruovaná na max. množství 500 ml a max. hmotnosti odebraného vzorku 0,5 kg. V případě různého typu odebraných vzorků je nutné zajistit automatickou výměnu a čištění efektoru.

Jednotlivé nádoby jsou uzavřeny samostatným víkem. Typ víka se liší podle typu skupenství odebraného vzorku. (Uzavírání pomocí centrálního víka nebylo voleno z důvodu nutného volného místa, aby mohlo docházet k naplnění jednotlivých nádobek, a také z důvodů možné kontaminace či úniku vzorků.) Podstatnou výhodou samostatného uzavření jednotlivých nádob se vzorky je, že při selhání systému otevírání jednoho z vík jsou ostatní víka plně funkční a robot nemusí ihned do depa, ale lze provést další odběr. Víko je řešeno dvojím způsobem (pro pevné – kapalné vzorky otevírací pomocí elektromagnetu; pro plynné – kapalné vzorky propichovací septa). Oba typy uzávěrů je nutno nechat vyrobit na zakázku.

Otevírání a zavírání víka (pevné – kapalné vzorky) je řešeno pomocí elektromagnetu a kontaktního plíšku, které umožňuje napájení magnetu jen v určité poloze (jeden magnet = 1 x napájen po pootočení o 360°). Důležité je otáčení zásobníku pouze jedním směrem, aby nedošlo k nežádoucímu otevření vzorku a jeho kontaminaci, v horším případě ztrátě vzorku. V případě, že by bylo potřeba otáčet zásobník v obou směrech (vpravo i vlevo), musel by být opatřen dalšími senzory, které by

zaznamenávaly naplnění nádoby a předaly tuto informaci řídicímu systému, který by při pootočení zásobníku do polohy napájení elektromagnetu vyslal v tomto případě signál, který neumožní napájení tohoto elektromagnetu a nedojde tak k otevření nádoby. Napájecí kontakty i jejich centrální napájení jsou vyrobeny na zakázku.

V případě víka pro plynné a kapalné vzorky, je odběr omezen také velikostí částic odebíraného vzorku. Volená septa zaručují těsnost cca pro 100 vpichů jehlou o vnějším průměru 0,47 mm a vnitřním průměru 0,13 mm. Těmto rozměrům odpovídá např. jehla s označením 26s od firmy Hamilton, která vyrábí i zmíněná septa. Kapalně vzorky lze odebrat větší jehlou, a i v tomto případě bude zaručená těsnost septa. K úniku kapalného vzorku nedochází vlivem větších molekul oproti plynu.

Trojúhelníkový průřez nádobek je volen i přes náročnější výrobu z důvodů lepšího využití místa, a tím docílení menších rozměrů při stejném objemu jednotlivých nádob oproti kruhovému průřezu. Nádoby jsou sestaveny z několika vrstev (vnitřní nádoba + ochranné nádoby) a různých materiálů. Vnitřní nádoba je navrhována ze dvou různých materiálů, a to z borosilikátového skla a polyetylénu – LDPE (je tak rozšířena oblast odebraných typů vzorků). Rozměrové řešení nádobek je v obou případech shodné. Ochranné nádoby jsou voleny z důvodu možného výskytu radioaktivity. Tyto nádoby jsou voleny ze třech vrstev: plexisklo - směs LNP Thermocomp HSG – plexisklo. Všechny materiály je možno zpracovat běžně dostupnými technologiemi a výroba jednotlivých dílů nádob není náročná a nijak složitá.

Spodní nosný rám boxu je navrhnout tak, aby byla možná regulace jeho výšky. Toto řešení bylo voleno z důvodu nespecifikovaného podvozku, na který bude zásobník upevněn. Rám lze nastavit do pěti různých výškových poloh vždy po 17,5 mm. Při volném místě v rámu, lze pohon „spustit“ do spodní části podvozku (obr. 54). V případě, že konstrukční řešení podvozku nedovolí pohon spustit do jeho spodní části, bude rám nastaven do maximální výšky a pohon tak bude nad úroveň rámu podvozku.

S jednotlivými zásobníky bude manipulováno na základě otočného rámu, který je spojen s pohonem od firmy DANAHER MOTION ( 9FGCHD/150:1) pomocí spojky od firmy R+W Coupling Technology (BKL/10/14/9), přičemž řídicí systémem zajistí pootočení rámu po naplnění nádoby vždy o 60°, aby mohlo dojít k naplnění další z nádob.

Robot lze opatřit dalším zásobníkem, kdy jednoduchým způsobem (uchycením za rám boxu a vysunutím z hnané hřídele) lze vyměnit plný box za prázdný

a pokračovat v odběru vzorku, aniž by se robot musel vrátit do depa. Po návratu na stanoviště obsluha odebere jednotlivé nádoby, popř. celý zásobník, s odebranými vzorky.

Maximální plocha zabraná zásobníkem je v konečné fázi menší než byly stanoveny maximální rozměry, což je vyhovující.

Dále je možné rozšířit škálu odebraných vzorků v podobě použití povrchových úprav jednotlivých nádob zásobníků (resp. vnitřní nádoby) – zvýší se tak odolnost vůči případné agresivitě odebraných vzorků na povrch zásobníku. Jedná se např. o různé typy povlaků (teflonové povlaky apod.). Další možné řešení je v oblasti řízení a senzorů. Jedná se o řízení pohonu, který ovládá nosný rám nádobek, a napájení elektromagnetu pro otevření víka. V oblasti sensoriky je možné řešit senzory pro výskyt vzorku v nádobě apod. Dále je pak možné řešit konstrukci zásobníku v podobě nástavce (např. z pryže), který by byl zasunut do jednoho boxu na nádobu a držel by nádoby na vzorky v podobě zkumavek (obr. 5 *Plastové nádoby a zkumavky* – poslední tři). Toto řešení je vhodné pro kapalné a plynné vzorky, přičemž by opět muselo být řešeno propichovací septo, aby nedocházelo k úniku plyných vzorků, a dále pak materiál zkumavek. Lze také odběr plyných a kapalných vzorků řešit některým způsobem, který je uveden v příloze č. 6 *ODBĚR A MANIPULACE V NEMOCNIČNÍM PROSTŘEDÍ* (konkrétně obr. P6.D1 *Pleurální set Pleurofix*, v této příloze).

K práci jsou dále přiloženy kontrolní výpočty hřídele a ložisek, výkresová dokumentace, CD s diplomovou prací apod. (viz Seznam příloh).

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] VALTOVÁ, B. *Návrh uchopovacího zařízení pro manipulaci s objemnými předměty: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava Fakulta strojní, 2007. 56 s.
- [2] BUREŠ, J. conVERTER. *Fyzikální tabulky* [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.converter.cz/tabulky/hustota-kapalin.htm>>
- [3] LINDE GAS a. s. *Nové značení tlakových lahví* [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <[http://www.pglbc.cz/iware/files/chemie/technicke\\_plyny.pdf](http://www.pglbc.cz/iware/files/chemie/technicke_plyny.pdf)> a <[http://www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/like35lgcz.nsf/repositorybyalias/pdf\\_cylinder1/\\$file/BarevneZnaceniTlakLahvi2007.pdf](http://www.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/like35lgcz.nsf/repositorybyalias/pdf_cylinder1/$file/BarevneZnaceniTlakLahvi2007.pdf)>
- [4] ŠENOVSKÝ, M.; BATLOVÁ, I. *Nebezpečné látky* [online]. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006 [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.fbi.vsb.cz/shared/uploadedfiles/fbi/nebezpecne-latky.pdf>>
- [5] VELEBIL, D. *Geologie, mineralogie, historie dolování* [online]. [cit. 21.10.2008]. Národní muzeum v Praze, mineralogicko-petrologické oddělení. Dostupný na: <<http://www.velebil.net/mineraly/>>
- [6] SMETÁNKA, J. *Návrh ukládání a manipulace se vzorky zeminy: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava Fakulta strojní, 2007.
- [7] ŠEVČÍK, J. *Odběr vzorků* [online]. [cit. 21.10.2008]. Univerzita Palackého v Olomouci, Katedra analytické chemie. Dostupný na: <<http://analytika.upol.cz/elektromigrace/docs/navody/ACHSB/pdf/01.pdf>>
- [8] MERCI s. r. o. *Pomůcky z jiných materiálů, Bezpečná manipulace s kapalinami a odběr vzorků* [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <[http://www.merci.cz/katalog/pomucky-z-jinych-materialu/709\\_manipulace-s-kapalnym-dusikem](http://www.merci.cz/katalog/pomucky-z-jinych-materialu/709_manipulace-s-kapalnym-dusikem)>
- [9] LABOR-KOMPLET s. r. o. [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.laboratorni-potreby.cz/plastove-a-teflonove-labnadoobi/nadobky-na-vzorky-plast/>>
- [10] BIOplastic BV. [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.bioplastics.com/>>

- [11] FISHER SCIENTIFIC, spol. s r. o. *Laboratorní technika* [online]. [cit. 21.10.2008]. 2007/2008. Dostupný na: <[http://www.thermofisher.cz/tisteny\\_katalog.htm](http://www.thermofisher.cz/tisteny_katalog.htm)>
- [12] Primary IR Contact. [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <[http://cs.mt.com/mt/ed/news/KF\\_Automation\\_Stromboli\\_Editorial-News\\_1160984053195.jsp#](http://cs.mt.com/mt/ed/news/KF_Automation_Stromboli_Editorial-News_1160984053195.jsp#)>
- [13] LAB MARK a.s. [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.labmark.cz/diagnostika/supergl.php>>
- [14] Biografe s. r. o. *Laboratorní analyzátory* [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.biotrade.cz/download/analyzatory.pdf>>
- [15] JANKŮ, J., ČERMÁK, J. *Vzorkování odpadů* [online]. [cit. 21.10.2008]. Praha: Vysoká škola chemicko-technická v Praze, fakulta technologie ochrany prostředí, ústav chemie ochrany prostředí. Dostupný na: <[http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/vzorkovani/Vzorkovani\\_070104\\_4.pdf](http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/vzorkovani/Vzorkovani_070104_4.pdf)>
- [16] 2 Theta. *Vzorkovače pro odběr kapalin* [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://2theta.cz/nabidka/zarizeni/octopus1.htm>>
- [17] CHROMSERVIS s. r. o. [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.detekceplynu.cz/legacy.htm>>
- [18] LABICOM s. r. o. [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.labicom.cz/default.aspx?section=36>>
- [19] FISHER SCIENTIFIC, spol. s r. o. *Laboratorní technika* [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <[www.thermofisher.cz/editor/image/download1\\_soubory/odolnost\\_ph.pdf](http://www.thermofisher.cz/editor/image/download1_soubory/odolnost_ph.pdf)>
- [20] TECHNOSKLO s. r. o. [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.technosklo.cz/cz/index.php?page=katalog&psection=1>>
- [21] IDES-THE PLASTICS STORE™ [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://prospector.ides.com/ResultAJAX.aspx?A=RESET&CK=35232>>
- [22] HAMILTON BONADUZ AG [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.hamiltoncompany.com/syringes/syringesACC-Septa.asp#>>; popř. Dostupný na: <<http://www.labicom.cz/default.aspx?section=111>>
- [23] YAXIN [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <[http://solenoidschina.com/Solenoids\\_Manufacturer\\_Factory.php](http://solenoidschina.com/Solenoids_Manufacturer_Factory.php)>
- [24] DONAHER MOTION [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na: <<http://www.danahermotion.com/website/com/eng/index.php>>

- [25] R+W COUPLING TECHNOLOGY [online]. [cit. 21.10.2008]. Dostupný na:  
<[http://www.rw-america.com/bellows\\_couplings/bellow-coupling-bkl-t.php](http://www.rw-america.com/bellows_couplings/bellow-coupling-bkl-t.php)>
- [26] ŘASA, J., ŠVERCL, J. *Strojnické tabulky*. SCIENTIA spol. s r. o., 2004.  
I. vydání. ISBN 80-7183-312-6.
- [27] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: SCIENTIA spol. s r. o.,  
1996. ISBN 80-7183-008-9.
- [28] PLUHAŘ, J., KORITTA, J. *Strojírenské materiály*. Praha: SNTL/ALFA, 1977.  
II. Vydání.



## **PŘÍLOHY**

<b>PŘÍLOHA 1</b>	Elektromagnet.
<b>PŘÍLOHA 2</b>	Analýza nosného rámu nádobek.
<b>PŘÍLOHA 3</b>	Pohon.
<b>PŘÍLOHA 4</b>	Spojka.
<b>PŘÍLOHA 5</b>	Analýza spodního nosného rámu boxu.
<b>PŘÍLOHA 6</b>	Odběr a manipulace v nemocničním prostředí.
<b>PŘÍLOHA 7</b>	Kontrolní výpočty.
<b>PŘÍLOHA 8</b>	Výkresová dokumentace – zásobník pro pevné a kapalné vzorky.
<b>PŘÍLOHA 9</b>	Výkresová dokumentace – zásobník pro kapalné a plynné vzorky.
<b>PŘÍLOHA 10</b>	Výkresová dokumentace – spodní nosný rám boxu.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 1</b>	Tvar nálepky DIAMANT	-9-
<b>Obr. 2a</b>	Dewarova nádoba ISOTHERM	-13-
<b>Obr. 2b</b>	Dewarova nádoba s normovaným závitem	-13-
<b>Obr. 3</b>	Celonerezová Dewarova nádoba	-14-
<b>Obr. 4</b>	Termická izolační nádoba	-14-
<b>Obr. 5</b>	Plastové nádobky a zkumavky	-15-
<b>Obr. 6</b>	Plastové nádobky	-15-
<b>Obr. 7</b>	Plastové nádobky	-15-
<b>Obr. 8</b>	Skleněné zkumavky	-16-
<b>Obr. 9</b>	Boxy	-16-
<b>Obr. 10</b>	Stojany	-16-
<b>Obr. 11</b>	Ruční vrtáky pro různé typy matic	-17-
<b>Obr. 12</b>	Vzorkovač pro odběr jádrových vzorků	-17-
<b>Obr. 13</b>	Dělený jádrový vzorkovač	-18-
<b>Obr. 14</b>	Stříkačka	-18-
<b>Obr. 15</b>	Otevřené vzorkovací trubice	-19-
<b>Obr. 16</b>	Uzavřené vzorkovací trubice	-19-
<b>Obr. 17</b>	Vakuová nasávací pumpička	-19-
<b>Obr. 18</b>	Vzorkovnice sloužící k odběru plyných vzorků	-20-
<b>Obr. 19a</b>	Leland Legacy	-20-
<b>Obr. 19b,c</b>	Čerpadla pro odběry ovzduší a kalibrační zařízení	-20-
<b>Obr. 20</b>	Podvozek	-22-
<b>Obr. 21a</b>	Box s kruhovým průřezem	-25-
<b>Obr. 21b</b>	Box s trojúhelníkovým průřezem zásobníku	-25-
<b>Obr. 22</b>	Morfologická matice	-26-
<b>Obr. 23</b>	Varianta A1	-27-
<b>Obr. 24</b>	Varianta B1	-27-
<b>Obr. 25</b>	Varianta A2	-28-
<b>Obr. 26</b>	Varianta B2	-28-
<b>Obr. 27</b>	Varianta C	-29-
<b>Obr. 28</b>	Varianta D	-29-

<b>Obr. 29</b>	Vnitřní nádobka	-37-
<b>Obr. 30</b>	Pryžová vložka	-37-
<b>Obr. 31a</b>	Časové závislosti úbytku oxidu sodného z povrchu skla působením vody a hmotnostní úbytek skla působením kyselin vztaženým na $\text{cm}^2$	-39-
<b>Obr. 31b</b>	Závislost hmotnostního úbytku skla v prostředí alkálií	-39-
<b>Obr. 32</b>	Ochranné nádoby (plexisklo- LNP Thermocomp HSG-plexisklo)	-41-
<b>Obr. 33a</b>	Spojení jednotlivých vrstev zásobníku	-42-
<b>Obr. 33b</b>	Úchytka	-42-
<b>Obr. 34</b>	Víko V1	-43-
<b>Obr. 35</b>	Schéma zatížení pružiny	-44-
<b>Obr. 36a</b>	Výpočet pružiny	-44-
<b>Obr. 36b</b>	Výpočet pružiny	-45-
<b>Obr. 37</b>	Převodový mechanismus	-45-
<b>Obr. 38</b>	Schéma působení sil	-46-
<b>Obr. 39a</b>	Výpočet pružiny	-47-
<b>Obr. 39b</b>	Výpočet pružiny	-48-
<b>Obr. 40</b>	Konstrukční řešení elektromagnetu	-48-
<b>Obr. 41</b>	Plastový vak	-49-
<b>Obr. 42</b>	Víko V2	-49-
<b>Obr. 43a</b>	Varianta R1	-50-
<b>Obr. 43b</b>	Varianta R2	-50-
<b>Obr. 44a</b>	Napět'ová analýza R1 hliník	-51-
<b>Obr. 44b</b>	Deformační analýza R1 hliník	-51-
<b>Obr. 45a</b>	Napět'ová analýza R1 ocel	-51-
<b>Obr. 45b</b>	Deformační analýza R1 ocel	-51-
<b>Obr. 46a</b>	Napět'ová analýza R2 hliník	-52-
<b>Obr. 46b</b>	Deformační analýza R2 hliník	-52-
<b>Obr. 47a</b>	Napět'ová analýza R2 ocel	-53-
<b>Obr. 47b</b>	Deformační analýza R2 ocel	-53-
<b>Obr. 48</b>	Výsledné konstrukční řešení nosného rámu	-54-
<b>Obr. 49</b>	Výsledné konstrukční zásobníku – vrchní část	-54-
<b>Obr. 50</b>	Rampová fce	-55-
<b>Obr. 51</b>	Zvolený pohon (9FGCHD/150:1) – vlevo	-57-

<b>Obr. 52</b>	Spojka BKL/10/14/9	-57-
<b>Obr. 53</b>	Spodní rám – min. výška	-58-
<b>Obr. 54</b>	Box s minimální výškou spodního rámu	-58-
<b>Obr. 55</b>	Spodní rám – maximální výška	-58-

## SEZNAM TABULEK

<b>Tab. 1</b>	Počet servisních robotů ve světě	-4-
<b>Tab. 2</b>	Požadavkový list	-5-
<b>Tab. 3</b>	Hustota látek	-6-
<b>Tab. 4</b>	Symbody nebezpečných látek	-7,8-
<b>Tab. 5</b>	Symbody nebezpečných látek - plyny	-8-
<b>Tab. 6</b>	Sedimenty	-11-
<b>Tab. 7</b>	Horniny	-11-
<b>Tab. 8</b>	Základní parametry - Dewarova nádoba ISOTHERM	-13-
<b>Tab. 9a</b>	Základní parametry - Dewarova nádoba s normovaným závitem	-13-
<b>Tab. 9b</b>	Základní parametry Celonerezové Dewarovy nádoby	-14-
<b>Tab. 10</b>	Upevnění na podvozek	-21-
<b>Tab. 11</b>	Hodnoty kritérií	-31-
<b>Tab. 12</b>	Významnost kritérií	-31-
<b>Tab. 13</b>	Volba kritérií	-31-
<b>Tab. 14</b>	Zhodnocení kritérií u jednotlivých variant	-32-
<b>Tab. 15</b>	Koeficient významnosti	-34-
<b>Tab. 16</b>	Hodnocení varianty 1	-35-
<b>Tab. 17</b>	Hodnocení varianty 2	-35-
<b>Tab. 18</b>	Hodnocení varianty 3	-36-
<b>Tab. 19</b>	Hodnocení varianty 4	-36-
<b>Tab. 20</b>	Vyhodnocení	-36-
<b>Tab. 21</b>	Odolnost vůči látkám	-38-
<b>Tab. 22</b>	Porovnání varianty R1	-50-
<b>Tab. 23</b>	Porovnání varianty R2	-52-
<b>Tab. 24</b>	Výsledná varianta R2	-53-
<b>Tab. 25</b>	Základní parametry pohonu	-57-
<b>Tab. 26</b>	Základní parametry spojky	-57-

# OBSAH

<b>SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ .....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>VYPRACOVÁNÍ .....</b>	<b>13</b>
1. POŽADAVKOVÝ LIST .....	13
2. SYMBOLY NEBEZPEČNOSTI LÁTEK.....	15
3. MOŽNÉ VZORKY PRO MANIPULACI.....	18
3.1 PEVNÉ LÁTKY .....	18
3.2 KAPALNÉ LÁTKY .....	20
3.3 PLYNNÉ LÁTKY .....	20
4. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....	20
4.1 UKLÁDÁNÍ VZORKŮ.....	20
4.2 PŘÍKLAD ODBĚRU VZORKŮ .....	25
Pevné vzorky.....	25
Kapalné vzorky .....	26
Plynné vzorky .....	27
5. NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VOLBA OPTIMÁLNÍ VARIANTY .....	29
5.1 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ POMOCÍ MORFOLOGICKÉ MATICE.....	29
Způsob umístění vzorků.....	30
Způsob pohybu boxu se zásobníky .....	31
Způsob uzavření zásobníků se vzorky .....	32
Tvar zásobníků.....	33
Příklady možných variant .....	35
5.2 HODNOTOVÁ ANALÝZA – METODA POROVNÁVÁNÍ V TROJÚHELNÍKU PÁRŮ.....	39
6. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ OPTIMÁLNÍ VARIANTY .....	45
6.1 VNITŘNÍ NÁDOBA .....	45
Polyetylén – LDPE .....	46

Borosilikátové sklo .....	47
6.2 ČIŠTĚNÍ VNITŘNÍ NÁDOBY.....	48
Nádoba: Polyetylén – LDPE.....	48
Nádoba: Borosilikátové sklo.....	48
6.3 OCHRANNÉ NÁDOBY .....	48
6.4 SPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH VRSTEV ZÁSObNÍKU .....	50
6.5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VÍKA.....	50
Typ víka V1 .....	51
Konstrukční řešení zarážky.....	51
Převodový mechanismus .....	53
Návrh elektromagnetu.....	54
Typ víka V2 .....	57
6.6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NOSNÉHO RÁMU NÁDOB .....	58
Porovnání varianty R1 – hliník x ocel .....	58
Porovnání varianty R2 – hliník x ocel .....	59
Vyhodnocení výsledků – výsledné řešení.....	61
6.7 POHON ZÁSObNÍKU.....	63
6.8 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ SPODNÍHO NOSNÉHO RÁMU .....	66
6.9 MANIPULACE SE ZÁSObNÍKY .....	67
7. TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ KONSTRUKCE.....	67
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>70</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>73</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>76</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>77</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>80</b>